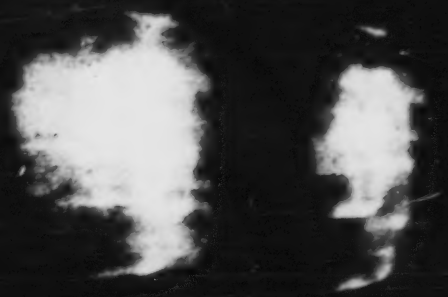
La maîtrise de l'énergie

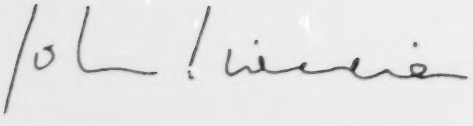


PRÉSENTATION

Le monde énergétique de demain se construira grâce à une meilleure maîtrise de l'énergie. Nous y parviendrons par le développement et l'utilisation de technologies nouvelles plus efficaces; cela nous permettra de puiser à une plus grande diversité de ressources énergétiques.

Au Québec, nous voulons relever ce défi. Nombreux sont chez nous les organismes et les entreprises pour qui l'avenir est déjà présent.

Le ministère de l'Énergie et des Ressources du Québec a voulu vous les faire connaître au moyen de cette pochette qui en présente un aperçu.



Le ministre de l'Énergie et des Ressources

CONTENU DE LA POCHETTE

Loin d'être exhaustive, la liste suivante donne toutefois un bon aperçu des principaux intervenants québécois dans le domaine des technologies nouvelles et des énergies de remplacement. Cette liste ne manquera pas de s'enrichir de nouveaux noms car ce secteur est en pleine expansion.

Secteur manufacturier:

- BioShell Inc.
- Fournelle Énergie Technologie Inc.
- Industries Pyrox inc.
- Uraken

Secteur du génie-conseil:

- Groupe SNC
- Institut Grace
- Shawinigan Lavalin Inc.
- Société d'Ingénierie Cartier Limitée
- Tecsult Inc.

Secteur recherche et développement:

- Biothermica International Inc.
- Centre canadien de la fusion magnétique (CCFM)
- Centre de recherche en sylvichimie de l'Outaouais (CRSO)
- Centre de recherche industrielle du Québec (CRIQ)
- Centre québécois de valorisation de la biomasse (CQVB)
- Conseil de l'industrie de l'hydrogène (CIH)
- Institut national de la recherche scientifique (INRS-Énergie)
- Institut de recherche Brace
- Laboratoire des technologies électrochimiques et des électrotechnologies (LTÉÉ)
- Université de Sherbrooke
- Université Laval

BioShell Inc. *exploite un procédé relativement simple qui permet d'obtenir un combustible aux performances étonnantes. Ce combustible, baptisé Énergex, constitue une découverte d'envergure en matière de raffinage de la biomasse à l'échelle commerciale. Il peut être utilisé dans toute chaudière à chargement mécanique et, une fois pulvérisé, pour le brûlage en suspension. Énergex a fait ses preuves dans les appareils de chauffage industriels, commerciaux et résidentiels.*

La technologie

Énergex peut être obtenu à partir de n'importe quelle biomasse: résidus de bois, déchets agricoles, tourbe, bagasse, etc. Le procédé de fabrication comporte plusieurs étapes:

- la fibre organique est d'abord séparée des corps étrangers;
- elle est ensuite réduite en particules uniformes par concassage ou broyage;
- le taux d'humidité des particules est abaissé par séchage à un niveau déterminé;
- la matière est alors soumise à des températures et des pressions élevées;
- les granules obtenus sont enfin refroidis puis entreposés.

Les usines dans lesquelles on produit les granules Énergex sont pratiquement autosuffisantes sur le plan énergétique.

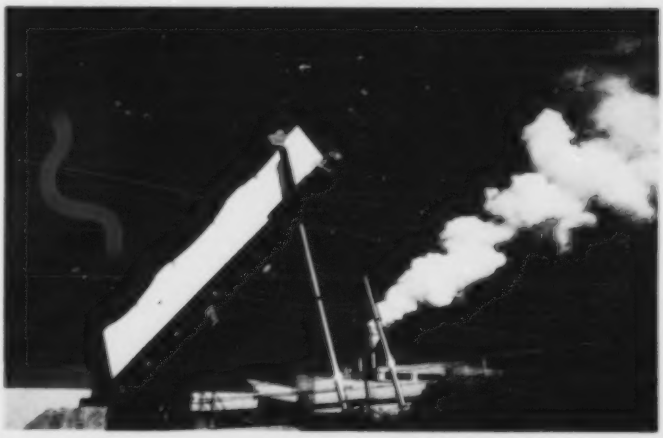
La taille des installations n'est limitée que par la quantité de matière première disponible.

Le produit

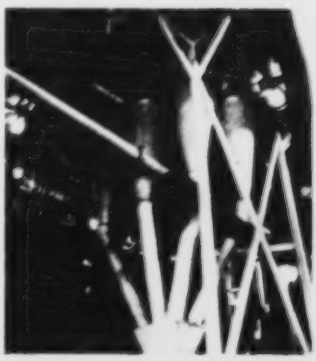
Le combustible Énergex, qui est vendu sous forme de granules, atteint une valeur énergétique deux fois plus élevée que celle de la biomasse d'origine et comparable à celle du charbon. Très peu polluant, ce combustible permet une efficacité de combustion élevée:

- pouvoir calorifique: 19,075 kJ/kg
- densité: 0,64 kg/dm³

Usine de Lac-Mégantic



Chargements



Cyclones

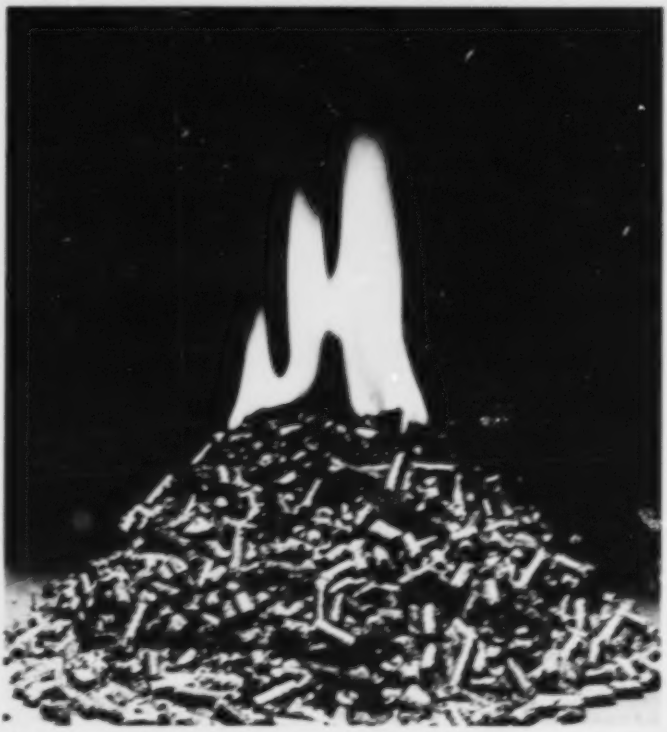
- teneur en eau: 7 % masse
- teneur en cendre: 1,7 % masse
- taille: granules de 6,4 mm (diamètre) par 10 mm (longueur)

Le remplacement du charbon par Énergex n'entraine presque aucun frais de conversion et n'exige aucun accessoire anti-pollution. Cependant, sa substitution au mazout ou au gaz implique des modifications aux chaudières ou aux appareils de chauffage.

Le marché

Une usine Énergex a été établie au Québec, à Lac-Mégantic. Cet établissement est approvisionné en résidus de bois. Le marché international est grand ouvert à ce produit éprouvé qui offre de multiples avantages:

- production d'un combustible à partir de la biomasse présente dans maints pays grâce à un procédé relativement simple, créateur d'emplois et ne requérant que des investissements peu élevés;
- réduction des importations de pétrole, de gaz ou de charbon;
- bonne valeur énergétique et efficacité de combustion élevée, sans pollution (presque pas de soufre, émissions de particules peu élevées);
- solution à certains problèmes d'élimination des résidus.



Granules en combustion

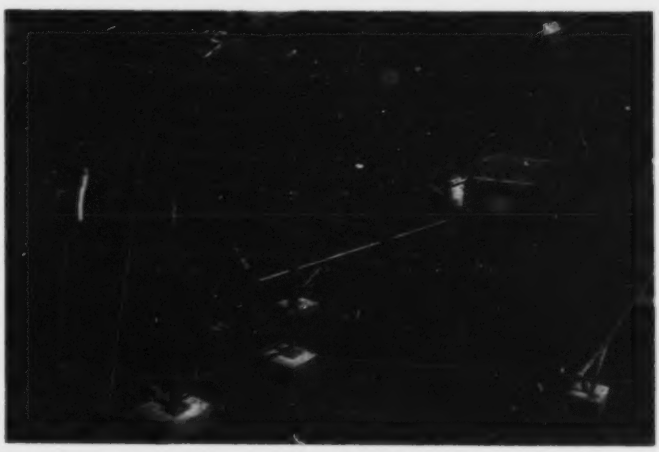
Fournelle Énergie Technologie Inc. *est une entreprise de Montréal, spécialisée dans la production de capteurs solaires. Produit innovateur, le capteur Fournelle se prête à divers usages et permet notamment des applications nécessitant l'usage de moyennes et de hautes températures.*

Le convertisseur photothermique à tube sous vide et caloduc est constitué d'une enveloppe de verre (180 cm de longueur; diamètre de 65 mm) dans laquelle le vide est maintenu. À l'intérieur de cette enveloppe se trouve placée une surface absorbante sélective (noir de cobalt sur cuivre), pressée sur un caloduc et destinée à extraire l'énergie captée. À l'extrémité du caloduc se trouve le condenseur qui sert d'élément chauffant.

L'énergie solaire traverse l'enveloppe de verre puis est absorbée par la plaque noire où elle est transformée en énergie thermique. Celle-ci est transportée par conduction jusqu'au caloduc dans lequel se trouve un liquide à changement de phase (e.g. de l'eau). Ce dernier s'évapore sous l'effet de la chaleur; la vapeur ainsi formée monte jusqu'au condenseur où l'énergie captée est récupérée à l'aide d'un bloc échangeur de chaleur. Sous l'effet de la gravité, le liquide condensé retourne vers la partie inférieure du caloduc où il s'évapore à nouveau. Le capteur FET-361 est placé à un angle minimum de 20 ° par rapport à l'horizontale et la chaleur ne peut être transportée que dans une seule direction.

Les systèmes solaires Fournelle remplacent les systèmes traditionnels pour le chauffage de l'eau des piscines intérieures en Amérique du Nord. L'utilisation du capteur FET-361 dans les pays ensoleillés permet des appli-

Capteurs solaires à tubes sous vide et caloducs (FET-361) pour le chauffage du Scarborough Town Center, Ontario



Capteurs solaires à tubes sous vide et caloducs (FET-361) pour le pompage de l'eau en Indonésie

cations nécessitant l'usage de moyennes et hautes températures, comme le pompage de l'eau en puits profonds, la climatisation et la réfrigération. De plus, le système Fournelle sert au dessalement de l'eau de mer et à la distillation de l'eau.

Pour le secteur résidentiel, Fournelle Énergie Technologie Inc. met sur le marché québécois un système solaire complet pour chauffer l'eau domestique. Il s'agit d'un modèle à assembler soi-même.

Recherche et développement

Créé en 1987, le Laboratoire de recherche F.E.T. est une filiale de Fournelle Énergie Technologie Inc. Il assure un soutien scientifique et technique dans la fabrication des capteurs solaires à tubes sous vide et caloducs et il poursuit des activités de recherche et développement autour de cette technologie et dans l'ensemble des technologies solaires. En outre, le laboratoire est chargé de développer des systèmes énergétiques complets.

Le laboratoire oriente ses travaux non seulement pour atteindre de meilleurs rapports coût-performance avec les systèmes de conversion de l'énergie solaire, mais encore pour améliorer leur fiabilité. Ces travaux se font avec la collaboration de centres de recherche universitaires et d'organismes internationaux comme l'Agence internationale de l'énergie.

L'objectif essentiel du Laboratoire de recherche F.E.T. est d'innover pour maintenir Fournelle Énergie Technologie Inc. dans sa position de chef de file mondial en énergie solaire.

***Les Industries Pyrox inc.** est impliqué depuis 20 ans dans la conception, la mise au point et la fabrication de systèmes de traitement des déchets et de récupération d'énergie, ainsi que dans la fabrication de cheminées industrielles.*

La technologie

Les incinérateurs de marque «Pyrotek» sont conçus selon un nouveau procédé de combustion à deux chambres basé sur la modulation d'air. Dans la chambre primaire, un débit d'air contrôlé entretient une combustion incomplète des déchets (incinération en réduction d'air). L'effluent de la chambre primaire, qui contient différents composés de pyrolyse et d'oxydation, accède à la chambre secondaire par une zone turbulente d'homogénéisation. L'allumage et l'induction de l'air nécessaires à l'oxydation complète se produisent dans cette deuxième chambre, alors que la fraction non combustible des déchets demeure dans la chambre primaire, tout comme les résidus carbonés. La modulation d'air garantit une combustion intégrale des déchets tandis que l'oxydation thermique des vapeurs pyrolytiques ne dégage que du gaz carbonique inoffensif et des vapeurs d'eau.

Pyrox inc. offre en outre une variété d'appareils de récupération de chaleur pour chacun de ses modèles d'incinérateur. Cette installation constitue une solution idéale pour les problèmes d'enlèvement des déchets et de coût d'énergie. Les systèmes de récupération de chaleur, qui sont intégrés à l'équipement modulaire de l'incinérateur, sont conçus pour répondre aux besoins des usagers. La récupération s'effectue donc au niveau de l'échappement. L'un des avantages de ce système est de comporter une chaudière spécialement conçue pour les gaz brûlés; on n'a donc pas à modifier la chaudière existante de façon importante. La chaudière de récupération de chaleur peut être munie d'un chauffage d'appoint, si la chaleur récupérée est intermittente ou insuffisante. L'efficacité thermique globale de la chaudière de récupération de chaleur est estimée à environ 60 %.

Incinérateur avec récupérateur d'énergie (hôpital Notre-Dame de Montréal)

Le marché

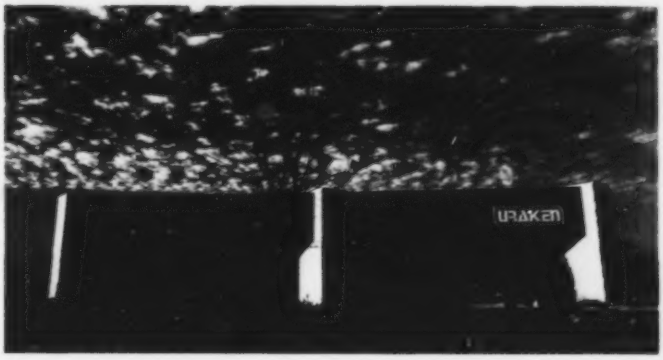
Les incinérateurs «Pyrotek» fabriqués par Pyrox peuvent être utilisés pour brûler des déchets provenant des industries, des institutions (maisons d'enseignement, hôpitaux) ou des commerces. Leur capacité varie de 25 à 600 kg/h. En outre, des appareils sont disponibles sur commande pour l'incinération des déchets liquides; ils satisfont à toutes les réglementations relatives à la pollution de l'air. Compte tenu du coût toujours plus élevé du traitement des déchets et de l'énergie, le fabricant s'attend à un accroissement de la demande pour ses récupérateurs. La firme Pyrox inc. est active, tant au Québec que dans le reste du Canada. Elle a récemment installé un système d'incinération avec récupérateur de chaleur à l'hôpital Notre-Dame de Montréal.

*La société **Uraken** se spécialise dans la fabrication de pompes à chaleur industrielles depuis 1977. D'abord destinées au séchage du bois, ces thermopompes sont maintenant utilisées pour le séchage du poisson, du cuir et des fruits, et pour la déshumidification de l'air dans les piscines intérieures.*

La technologie

Le séchoir Uraken comprend une cellule, où sont entreposés les produits à sécher, et une salle mécanique abritant la pompe à chaleur. L'air humide de la cellule est aspiré par l'unité et forcé à travers un évaporateur froid qui condense l'humidité et un condenseur chaud qui augmente la température de l'air. L'énergie (chaleur), récupérée par le système de réfrigération mécanique lors de la condensation de l'humidité, est alors transférée au condenseur qui l'utilisera pour réchauffer l'air. Cet air chaud et sec est alors retourné dans la cellule de séchage, prêt à recommencer un autre cycle. La pompe à chaleur agit donc comme un déshumidificateur des plus efficaces: l'air chaud et sec est ventilé vers les produits à sécher et les débarrasse de leur humidité. L'eau condensée par l'évaporateur est évacuée à l'extérieur du séchoir, tout comme dans un climatiseur. Le produit sèche donc sous l'influence du même air, qui est constamment recyclé et dont la température varie entre 21 °C et 71 °C. Ce procédé engendre une économie d'énergie très appréciable.

Le même principe est appliqué dans la fabrication des déshumidificateurs de piscines intérieures. La pompe à chaleur maintient un taux d'humidité agréable dans l'enceinte tout en chauffant l'eau de la piscine, grâce à un échangeur de chaleur co-axial supplémentaire et en préchauffant l'air ambiant. Les conditions suivantes peuvent alors être maintenues: température



Édifice Uraken

Séchoir à bois

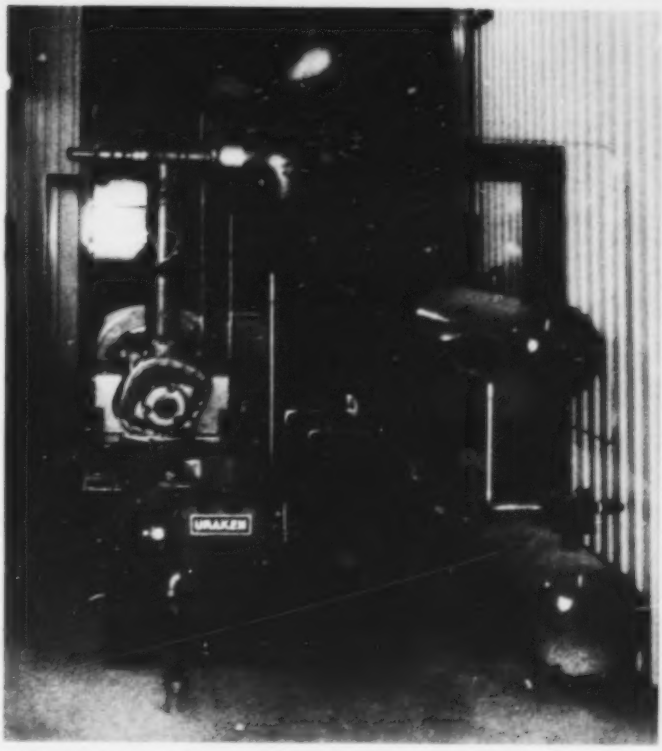
de l'eau, 26 °C, température de l'air, 27 °C, et humidité relative, 50 %, éliminant ainsi tous les problèmes engendrés par un taux d'humidité trop élevé (détérioration de la structure, conditions inconfortables, etc.).

Les produits

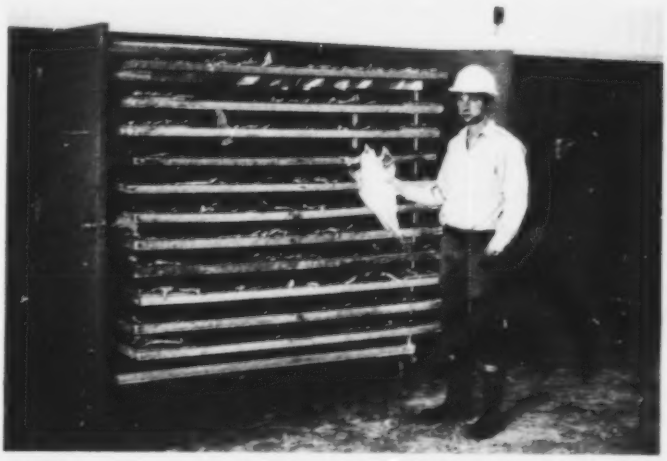
Une vaste gamme de séchoirs et de déhumidificateurs, dont les puissances varient de 5 à 350 ch et qui peuvent extraire de 430 à 2 500 litres d'eau par jour, est présentement disponible. La thermopompe permet non seulement des économies d'énergie substantielles par rapport aux séchoirs conventionnels, mais elle réduit aussi au minimum les frais de manutention. Aucun personnel spécialisé n'est requis puisque la manutention est très simple et ne requiert que 15 minutes de manoeuvre le matin et l'après-midi. En outre, la qualité du produit à sécher, notamment le bois, se trouve nettement améliorée par le passage d'air à faible température.

Le marché

Uraken compte plus de 500 réalisations à son actif, dont la majorité sont des séchoirs à bois au Canada et aux États-Unis. Des distributeurs assurent la diffusion de cette technologie à travers l'Amérique du Nord.



Salle mécanique



Séchage

***Le Groupe SNC** est une firme québécoise de génie-conseil, d'envergure internationale, qui oeuvre dans des domaines aussi variés que les mines, la métallurgie, les produits chimiques, l'environnement, les télécommunications, les bâtiments, les ressources hydriques et l'énergie. Dans ce dernier secteur, la firme s'intéresse de plus en plus aux sources d'énergies nouvelles et aux technologies de pointe. Elle compte déjà à son actif plusieurs réalisations importantes.*

– Étude et construction du gazogène Biosyn, à Saint-Just-de-Bretenières (Québec), pour la production de gaz de synthèse à partir de résidus forestiers. Ce projet pilote constitue le pivot de la valorisation énergétique de la biomasse au Québec.

– Construction de centrales produisant de la vapeur par incinération pour les incinérateurs de Limoilou (Québec) et des Carrières (Montréal). Dans le premier cas, 200 000 tonnes de déchets sont traités annuellement et la vapeur est vendue à une industrie de pâtes et papiers située à proximité. À Montréal, la vapeur, qui traverse un réseau de canalisations, est vendue à une vingtaine d'entreprises avoisinantes. L'incinérateur de Montréal traite annuellement 300 000 tonnes de déchets et il développe une puissance de 80 MW. Le Groupe SNC s'est aussi penché sur des avant-projets reliés à la production d'énergie (vapeur ou électricité) à partir de déchets de toutes sortes.

– Le Groupe SNC a en outre effectué plusieurs études toujours reliées aux énergies nouvelles:

- étude sur l'utilisation énergétique des vieux pneus, pour le compte du ministère de l'Environnement et du ministère de l'Énergie et des Ressources du Québec;
- étude de faisabilité sur l'utilisation des énergies renouvelables, dont la biomasse, et sur la construction de micro-centrales hydroélectriques pour deux villages indiens du Nord du Québec;

La Maison SNC, nouveau siège social du Groupe SNC

Bureaux de travail

Centrale mini-hydro

• études de faisabilité pour des projets reliés à l'énergie solaire;

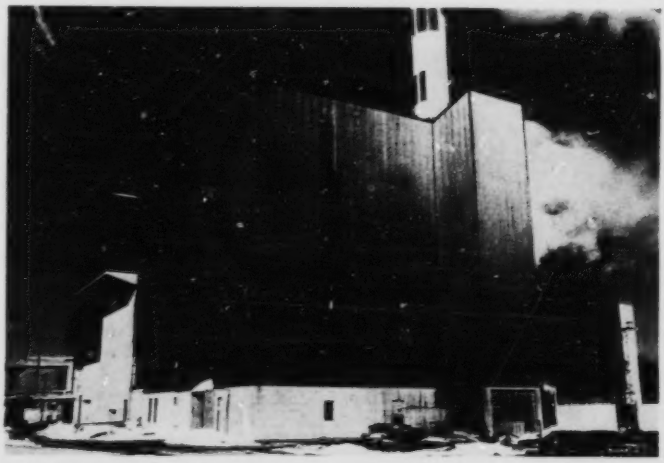
Le Groupe SNC détient en exclusivité les droits de commercialisation d'un bioréacteur mis au point en collaboration avec l'École Polytechnique de Montréal. Traitant les effluents industriels à forte teneur en biomasse, cet appareil produit du méthane qui peut ensuite être utilisé dans des installations de chauffage. Considéré comme le bioréacteur le plus efficient de sa catégorie, il peut produire jusqu'à 20 m^3/jour de méthane pour chaque m^3 de sa capacité. Il devrait intéresser avant tout l'industrie alimentaire et le secteur des pâtes et papier.

Associé au groupe australien Campbell dans la société Énersludge inc., le Groupe SNC détient les droits de commercialisation d'un procédé unique qui permet d'extraire l'huile contenue dans les boues des stations de traitement des eaux usées. Cette huile, semblable au diesel, peut être utilisée comme carburant dans les moteurs. Sur la base du prix actuel du diesel, ce procédé est deux fois moins coûteux que l'incinération.

– Enfin, le groupe a construit six mini-centrales hydrauliques aux États-Unis et une autre dans le Nord du Québec, et il a travaillé à deux autres mini-centrales destinées à l'Ontario.

L'entreprise a récemment procédé à l'étude de sites de petites centrales hydroélectriques à Terre-Neuve, en République dominicaine, au Guatemala, au Chili, au Costa Rica et au Pérou.

Entreposage de l'alfa



Incinérateur de Québec

Gazogène Biosyn

***Le Groupe conseil et de recherche en architecture, en construction et en énergie (Institut GRACE)**, formé en 1977 et incorporé en 1983, est un organisme sans but lucratif qui s'est donné comme mandat de promouvoir l'efficacité énergétique et l'utilisation des énergies renouvelables dans toute construction.*

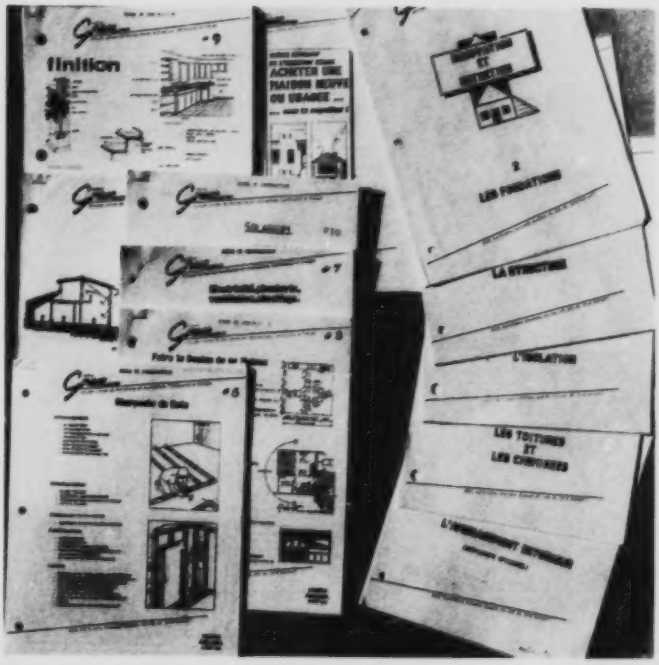
RACE a établi un pont entre recherche théorique univer-taire et l'application de cette cherche dans le bâtiment par industrie du domaine éner-étique (architecture et cons-uction). Les activités de organisme sont orientées ers la consultation, la recher-he appliquée et le transfert technologie dans tous les ilieux d'application.

a recherche appliquée

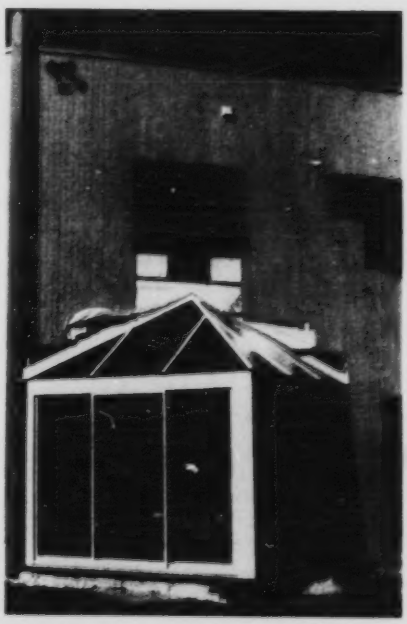
'Institut GRACE s'intéresse rincipalement au développe-ent de bâtiments à haut ndement énergétique. Au uébec, GRACE est devenu porte-parole de la recherche rchitecturale dans le domaine u solaire passif en climat ordique.

es experts-conseils de l'Insti-t GRACE sont consultés par s organismes de recherche, s gouvernements, les manu-cturiers (solariums, serres-nêtres, etc.), ainsi que par s promoteurs, les entrepre-eurs et les particuliers ésireux d'obtenir des bâti-ents à haute efficacité nergétique ou incorporant u chauffage solaire passif.

'Institut GRACE a élaboré n système d'échangeur et écupérateur de chaleur per-ettant le déphasage de haleur provenant de sources fférentes, soit du soleil ntrant par les vitrages, soit 'un excès provenant d'une utre source. Ce système, éminé, est d'une grande mplicité; il est peu coûteux s'applique à tout genre de âtiment. Une dizaine d'ap-lications ont démontré son fficacité.



Support au transfert de technologie



Le solarium Grace, développé en 1984, s'est démontré d'une grande versatilité

Le solarium GRACE, qui a été développé en collaboration avec un manufacturier québécois, est économique grâce à sa forme triangulaire. De plus, il présente moins de pertes de chaleur et se prête à un grand nombre d'aménagements.

Formation et transfert de technologie

L'Institut prépare et organise, soit à son compte, soit sous contrat, des cours, des ateliers ou des séminaires de formation technique dans les domaines de la construction traditionnelle, des nouvelles techniques en haute efficacité énergétique, en solaire passif ou en technique de pointe, et des nouveaux développements de la recherche. Les corporations de métiers, les gouvernements et l'industrie privée sont ici les clients de GRACE.

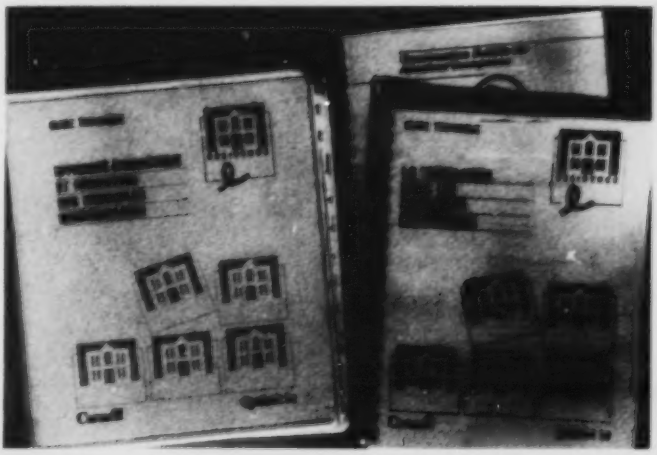
Conception architecturale

GRACE, en collaboration avec l'agence Christian Ouellet architecte, établit un lien entre la recherche et la réalisation de bâtiments. En effet, les théories développées par GRACE (apport solaire, bâtiment à haute efficacité énergétique, système Géminé, etc.) trouvent leur réalisation et leur expérimentation réelles dans une facture architecturale renouvelée, axée sur la lumière et la qualité de vie, dans les projets exécutés par l'agence d'architecture.

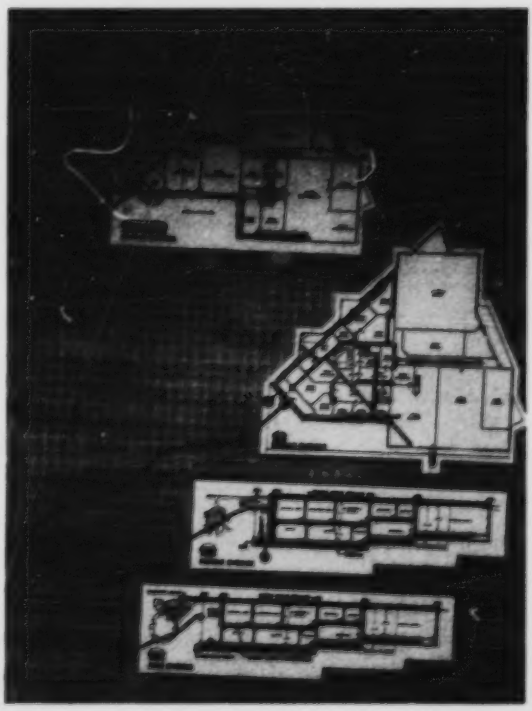
Consultation et savoir-faire

L'Institut maintient, seul ou en collaboration avec l'agence d'architecture, un service de consultation et de savoir-faire en haute efficacité énergétique pour tout type de bâtiment existant ou de bâtiment à concevoir, en tenant compte de l'apport solaire, des sources excédentaires d'énergie, de l'environnement et de la qualité de vie des utilisateurs, en plus des fonctions normales d'un bâtiment.

Cours de formation du personnel technique



Documents techniques préparés par Grace



Plans d'un bâtiment de service doté d'un système solaire passif

*La firme **Shawinigan Lavalin Inc.**, dont l'origine remonte à 1919, s'est taillée une réputation internationale grâce à l'excellence de ses travaux d'ingénierie et son sens de l'innovation dans le domaine des énergies traditionnelles et des énergies nouvelles. En 1982, cette société est devenue membre du groupe Lavalin, société québécoise de génie-conseil qui compte, avec ses 7 000 employés, parmi les plus grandes et les plus actives au monde.*

ole

1982, suite à une étude mparative sur les aérogéateurs menée par Shawinin Lavalin Inc., le Conseil tional de recherches du nada et l'Institut de recher-es d'Hydro-Québec ont trepris conjointement la alisation d'une méga-lienne dans la région de p-Chat, à quelque 425 km nord-est de la ville de uébec.

projet, qui visait la conption, la construction et valuation du plus grand et us puissant aérogénérateur axe vertical au monde, vait également permettre de nfirmer la possibilité d'exrter une technologie permetnt de transformer en ectricité l'énergie mécanie des vents.

une hauteur de 110 mètres d'une puissance de 4 MW, olienne entraîne par couage direct une génératrice type C.A. synchrone à sse fréquence. Un changeur fréquence statique et un nsformateur-élévateur une puissance de 6,5 MVA mplète l'installation élecque. Une ligne de 69 kV ie l'installation au réseau Hydro-Québec. Le train de nsmission, qui raccorde olienne à la génératrice, mprend essentiellement un ot, un palier, un frein canique et un accouplent flexible.

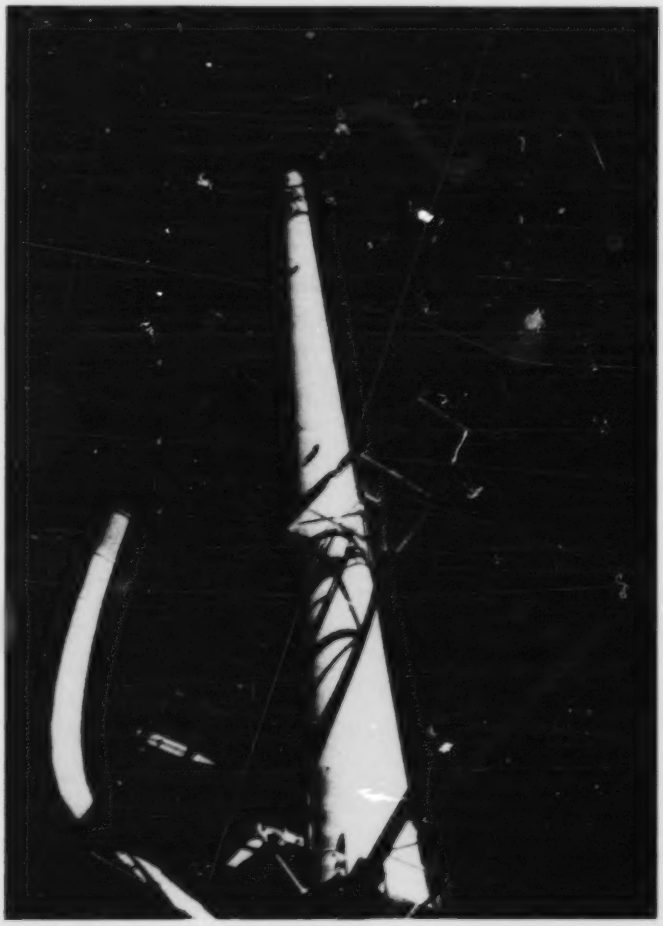
contrôle de l'éolienne est fectué électriquement par le is du changeur de fréence statique qui règle le

«Éole»

démarrage, la production d'électricité et le freinage électrique. Des freins mécaniques et aérodynamiques fournissent un système de soutien complet et protègent le rotor contre les survitesses.

Hydro-Québec a transféré, en mai 1986, la propriété du projet à Shawinigan Lavalin Inc. qui s'était vu confier l'ingénierie, la gestion de la construction, la mise en service et l'exploitation de l'éolienne.

Le 26 août de la même année, LavalinTech, une division de Lavalin dont le mandat consiste à investir dans des projets de recherche et développement, s'est portée acquéreur du projet Éole. Le 26 septembre 1987, on procédait au démarrage de l'éolienne.



«Éole» à Cap-Chat

*La **Société d'Ingénierie Cartier Limitée** est une multidisciplinaire affiliée au groupe Monenco, qui oeuvre dans le secteur des utilisations énergétiques de la tourbe. Le groupe Monenco compte à son actif plus de 30 projets reliés à la tourbe.*

La Société d'Ingénierie Cartier Ltée offre toute une gamme de services qui vont de la consultation jusqu'à la surveillance des travaux. Cette société a développé, pour le Centre de recherche pour le développement international (CRDI), un logiciel permettant de localiser les tourbières à partir de données recueillies par les satellites de télédétection. Cette méthode permet de tracer le contour des tourbières, même quand elles sont partiellement ou totalement recouvertes d'une autre matière (argile, etc.). Cette méthode a été utilisée au Sénégal avec une précision de 80 %.

En plus des études de rentabilité, des études techniques et économiques ont été entreprises pour le compte d'Hydro-Québec en vue de la construction de centrales thermiques (300 MW) au Lac-Saint-Jean. D'autres études, portant sur la combustion de la tourbe, ont été menées pour une cimenterie et une usine de pâtes et papiers au Québec.

Actuellement, la Société d'Ingénierie Cartier Limitée est associée à de nombreux projets à l'extérieur du Québec. Au Sénégal, la société a effectué le recensement de la ressource et les études préliminaires en vue de produire des boulettes de combustible pour remplacer le bois. Au Nouveau-Brunswick, elle a mené une étude de centrale à tourbe et, en Saskatchewan, elle a construit une chaudière à tourbe pour le chauffage domestique dans un village autochtone.

Tourbière

Prélèvement

Le groupe Monenco effectue actuellement dans un autre pays africain, le Burundi, les recherches nécessaires à la carbonisation partielle de la tourbe en vue de produire un substitut au charbon de bois qui soit acceptable pour des applications domestiques. La carbonisation aura pour but d'abaisser à un niveau acceptable les émissions de fumées et d'odeurs de combustion de la tourbe à l'état brut. Les travaux incluent la conception et la construction de fours de carbonisation.

Le groupe Monenco a également investi dans la conception et la fabrication d'une pompe à boue de tourbe capable de satisfaire toutes les caractéristiques rhéologiques particulières à la tourbe. Cette conception a permis à Monenco de développer une méthodologie de pointe dans la technique d'exploitation de tourbières en terrain marécageux.

Le groupe Monenco a participé activement à des travaux de recherche en biotechnologie qui ont débouché sur la transformation de toutes sortes de biomasse, particulièrement de végétaux à croissance rapide, pour produire de l'éthanol et d'autres sous-produits.

Le procédé «IOTECH», développé conjointement par la société montréalaise IOGEN et le groupe Monenco, permet de séparer la biomasse en ses éléments principaux, soit la cellulose, la lignine et divers glucides non hydrolysables (pentoses) par processus de digestion enzymatique sans aucune utilisation de produits chimiques communément employés dans les autres procédés.

L'éthanol très pur ainsi produit peut servir de combustible en remplacement des produits pétroliers utilisés comme carburants ou servir à rehausser l'indice d'octane des carburants habituellement employés.

Ce procédé enzymatique permet l'utilisation directe des lignines pour produire la colle servant à la fabrication de panneaux contre-plaqués ou agglomérés. Cette colle est produite actuellement à partir de produits pétroliers.

Séchage

Extraction de tourbe par pompage de boue produite par découpage au moyen d'hydromoniteurs

De plus, les pentoses, qui ont été libérés des fibres de biomasse d'origine, servent à la production de nourriture pour le bétail.

Le groupe Monenco, dont fait partie la Société d'Ingénierie Cartier Limitée, a également investi dans la réalisation d'une usine pilote qui a su démontrer l'applicabilité de ce procédé. Cette usine est toujours opérationnelle et peut être utilisée, entre autres, comme usine laboratoire au profit de tout groupe disposant de biomasse (bois, canne à sucre, bagasse, tiges de maïs, etc.) ou toute autre fibre à partir de laquelle on peut avoir intérêt à produire un substitut au pétrole.

L'importante firme de génie-conseil ***Tecsult Inc.****, fondée en 1961, s'est signalée par les multiples travaux d'envergure qu'elle a réalisés partout à travers le monde, particulièrement dans le secteur des aménagements hydroélectriques (les puissances installées totalisent 30 000 MW), des centrales thermiques, des réseaux électriques, du transport, des installations industrielles et environnementales et des grands complexes commerciaux et institutionnels. Les spécialistes de la société ont été aussi très actifs dans le domaine des énergies et des technologies nouvelles.*

Énergie ambiante

- Pompe à chaleur utilisée pour chauffer un ensemble d'édifices à partir de l'eau d'un lac au Camp Saint-Donat (Québec). Cette pompe à chaleur, première du genre au Canada, fonctionne avec un très gros débit et un faible différentiel de température.
- Étude du marché potentiel des pompes à chaleur eau-air au Québec, en Ontario et dans le Nord-Est des États-Unis pour le compte de Nouveler.
- Installation d'une pompe à chaleur de type air-eau pour chauffer l'espace et l'eau de l'édifice Henri-Bourassa (4 000 m²) pour le compte du Gouvernement du Québec.

Solaire

Étude d'un système qui permet une régulation thermique en utilisant l'énergie solaire et qui s'avère particulièrement avantageux pour les serres. Si nécessaire, les panneaux doubles en verre ou en fibre de verre peuvent être rapidement isolés par l'injection entre les plaques translucides d'une mousse produite par une solution savonneuse spéciale qui est régénérée et recirculée par un ventilateur. Cette mousse réutilisable contient un produit empêchant tout dépôt sur les vitres. En outre, un système complémentaire de circulation d'eau permet, le cas échéant, d'augmenter les gains d'énergie. L'énergie solaire est alors captée par de l'eau qui circule en mince filet sur la plaque inférieure des panneaux avant d'être entreposée dans un réservoir qui libère la chaleur durant la nuit.

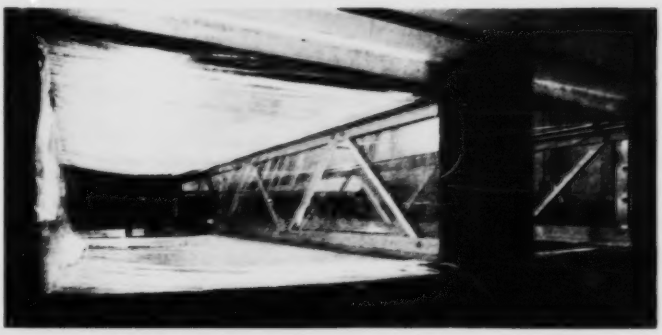
Éolienne

Évaluation du marché et du potentiel de développement industriel pour la fabrication d'éoliennes de petite puissance au Québec.

Biomasse

- Étude agro-économique de la culture du manioc et de la banane pour une usine de transformation d'alcool-carburant d'une capacité de 50

Édifice Tecsult



Régularisation solaire thermique

Édifice Henri-Bourassa

millions de litres (à 95 %) au Costa Rica.

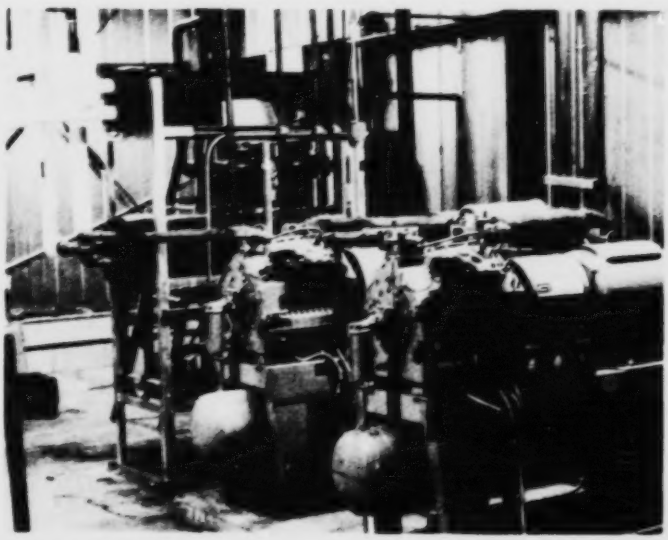
- Étude détaillée de l'avant-projet de construction d'une centrale thermoélectrique alimentée par les rebuts de la scierie Parent (Québec).
- Inventaire des tourbières de l'île d'Anticosti et de la Basse-Côte-Nord, en vue de la production d'énergie électrique (gazogène) pour Hydro-Québec.
- Deux inventaires effectués respectivement pour la Société d'énergie de la Baie James et le Centre de recherches forestières des Laurentides en vue de déterminer l'énergie disponible dans un peuplement type d'épinettes noires.
- Construction en Abitibi d'une chaufferie, d'une capacité de 13 000 kg/h de vapeur, utilisant les résidus de bois (écorce) comme combustible.
- Construction d'une usine de transformation du bois et d'une chaufferie utilisant les résidus de scierie (18 000 kg/h de vapeur).
- Étude de récupération d'énergie grâce aux déchets produits et analyse d'exploitation au Stade olympique de Montréal.
- Étude de l'offre et de la demande de bois de chauffage pour les communautés indiennes de Eastmain, Wemindji, Fort-Rupert et Chisasibi.
- Analyse des énergies non conventionnelles, telles que la gazéification du bois et les éoliennes, et analyse financière permettant d'évaluer la combinaison optimale des sources d'énergie pour fins de chauffage résidentiel à Eastmain, Wemindji et Fort-Rupert.

Autres projets au Canada

- Étude de l'installation d'un projet-pilote de séchage du papier par rayonnement infrarouge pour le compte de l'Institut de recherche d'Hydro-Québec (IREQ).
- Étude en vue du raccordement de la Plaza Saint-Hubert au réseau de vapeur de l'Incinérateur des Carrières de Montréal.
- Étude des contraintes institutionnelles en vue de l'implantation d'un programme de développement des sources d'énergie non conventionnelles dans les communautés isolées du Québec.
- Étude des mesures de conservation de l'énergie et des énergies de substitution dans les différents secteurs du transport, pour le compte de Transport Canada.
- Étude sur le propane comme carburant des véhicules routiers au Québec, avec description du réseau, caractérisation du marché-cible et détermination de son potentiel, de 1980 à 1990, pour le compte du ministère des Transports du Québec.
- Étude sur la conversion des véhicules au gaz naturel comprimé pour la société Gaz Métropolitain, au Québec.

Le marché étranger

- Planification énergétique assortie d'un bilan de la situation actuelle pour chacun des secteurs, incluant les économies d'énergie, les énergies nouvelles et le bois de chauffage, au Mali.
- Étude de faisabilité pour la création de mini-centrales hydroélectriques de 100 kW à 5 MW, en Indonésie.
- Projet de construction de 5 mini-centrales hydroélectriques de 140 kW à 2 MW, au Gabon.
- Étude de 20 micro-centrales hydroélectriques, en Malaisie.



Thermopompe de l'édifice Henri-Bourassa

***Biothermica International Inc.** est une société multidisciplinaire de haute technologie spécialisée dans la conception et la mise en oeuvre de projets de valorisation et de gestion des déchets urbains et de la biomasse, ainsi que dans le domaine de l'épuration des gaz.*

L'expérience acquise par la société et ses partenaires couvre des réalisations uniques en leur genre par leur complexité technique.

Gazéification de la biomasse

Parmi les réalisations de Biothermica International Inc., on doit mentionner l'exploitation d'une usine de gazéification de la biomasse dans la région de Québec (projet Biosyn). La technologie de la gazéification de la biomasse en lit fluidifié sous pression a été pour la première fois démontrée dans le cadre de ce projet. Biothermica a, par ailleurs mis au point un système à haute efficacité pour l'épuration des gaz de biomasse afin d'en retirer les particules et les goudrons condensables.

Récupération de biogaz de lieux d'enfouissement

Dans le domaine des déchets municipaux, Biothermica s'est associée à la firme américaine SCS Engineers pour offrir une gamme de services dans le domaine de la gestion des lieux d'enfouissement sanitaire et de la récupération du biogaz produit dans ces sites par digestion anaérobie. Biothermica examine des possibilités de récupération économique de biogaz sur différents lieux d'enfouissement sanitaire au Québec et notamment sur l'ancien lieu de la carrière Miron à Montréal, dans le cadre de sa participation à la coentreprise Désourdy-Biothermica.

Épuration des gaz

La société Biothermica a mené récemment, pour le compte du gouvernement du Canada, un inventaire des principales technologies d'épuration et de désulfurisation des gaz. Un accord récent avec une société européenne permet à Biothermica d'apporter également un savoir-faire unique dans le domaine de l'épuration des gaz d'usines d'incinération d'ordures ménagères.

Usine de gazéification de la biomasse en lit fluidifié – Capacité 10 t/h – (Québec)

Un savoir-faire varié

En dix ans, la société Biothermica et ses partenaires ont su développer un savoir-faire dans la valorisation énergétique et chimique de la biomasse et des déchets municipaux, comme en fait foi cette liste suivante des projets d'études réalisés:

- étude de faisabilité des petites centrales de biomasse pour la production de chaleur et d'électricité, et analyses comparatives de différentes filières énergétiques;
- étude de faisabilité d'une usine de cogénération d'énergie alimentée en déchets de bois;

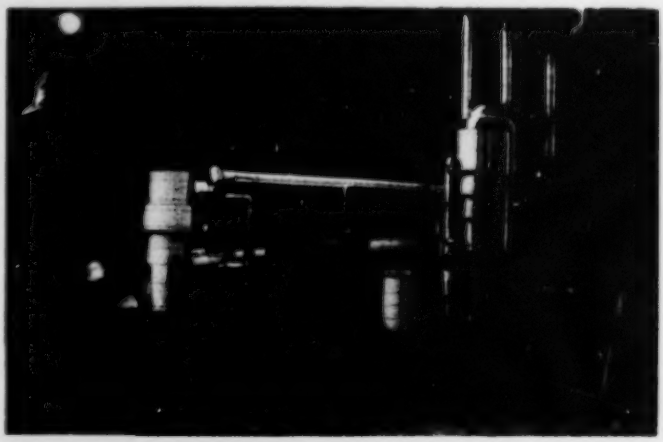
- étude sur l'utilisation de granules de bois en chaudière;
- étude de choix de procédés pour l'épuration de biogaz de lieux d'enfouissement sanitaire;
- analyse qualitative et quantitative du biogaz obtenu dans des lieux d'enfouissement sanitaire.

L'expérience acquise par la firme couvre les champs suivants:

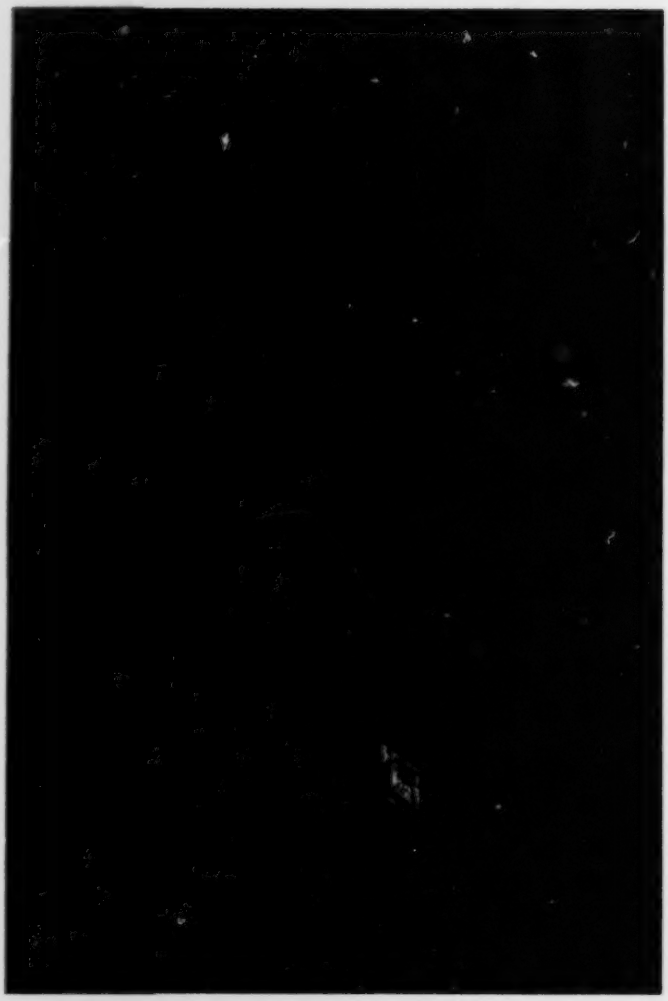
- conception d'usines de valorisation énergétique des déchets;
- conception de systèmes de traitement du gaz produit par gazéification, incinération, combustion et digestion anaérobie des déchets;
- recherche et développement avec des procédés novateurs dans les domaines du traitement du gaz à haute température et de la gazéification en lit fluidifié;
- démarrage, mise en service et opération d'usines d'énergie et de traitement de gaz;
- études de faisabilité.

Dans le domaine particulier du traitement du biogaz, Biothermica fournit à ses clients les services suivants:

- conception d'usines de traitement de biogaz;
- caractérisation du biogaz et identification d'un système optimal de récupération;
- études d'impact environnemental et identification des utilisations potentielles futures d'un lieu d'enfouissement sanitaire;
- contrôle des odeurs;
- gestion des lieux d'enfouissement sanitaire.



Usine de démonstration de l'élimination conjointe du goudron et des particules dans un gaz à faible pouvoir calorifique (Québec)



Lieu d'enfouissement sanitaire de Montréal – Installation d'un puits de captage des biogaz pour des essais de pompage

***Le Centre canadien de la fusion magnétique** a été créé le 29 mars 1988. Organisme à but non lucratif, le nouveau centre (CCFM) sera financé par les gouvernements du Québec et du Canada. On estime que l'exploitation du centre exigera un budget annuel de 10 à 15 millions de dollars.*

Le nouveau centre exploitera le tokamak de Varennes, dispositif de recherche et de développement en fusion par confinement magnétique mis au point et construit au coût de 60 millions de dollars par ces mêmes organismes et le Conseil national de recherches du Canada (CNRC). Ce tokamak est situé à l'Institut de recherche d'Hydro-Québec, à Varennes, sur la rive sud de Montréal.

Le personnel du Centre canadien de la fusion magnétique se compose de quelque 75 personnes provenant des institutions fondatrices (Hydro-Québec, EACL et l'INRS), des firmes Les Technologies MPB Inc. et Canatom Inc., de même que de l'Université de Montréal. Ces chercheurs poursuivent l'un des plus importants programmes de recherche scientifique actuellement en cours au Canada.

Une équipe de scientifiques du CCFM a pour tâche spécifique de faire fonctionner le tokamak afin que soient produits sur une base régulière des plasmas d'hydrogène à hautes températures.

L'exploitation du tokamak

Un groupe de scientifiques, d'ingénieurs et de techniciens du Centre canadien de la fusion magnétique a pour tâche spécifique de faire fonctionner le tokamak afin que soient produits sur une base régulière des plasmas d'hydrogène à hautes températures. Les paramètres de ces décharges de plasmas doivent pouvoir être modifiés afin de satisfaire aux besoins de la recherche et aux nécessités du développement des différents diagnostics scientifiques.

La machine est contrôlée par un système informatique muni d'interfaces à accès direct utilisant des panneaux tactiles. Tous les signaux sont transmis aux sous-systèmes du tokamak par des liens à fibres optiques et des interfaces CAMAC.

Les plasmas actuellement obtenus ont les caractéristiques suivantes: durée d'impulsion d'une seconde et courants pouvant atteindre 200 kA.

Cette équipe s'est vu accorder la responsabilité d'établir les caractéristiques qui permettront d'obtenir vers 1992 des impulsions d'une durée quasi-continue (et continue) atteignant 30 secondes.

Diagnostics scientifiques

Plus de vingt diagnostics scientifiques permettant de mesurer les paramètres du plasma ont été mis au point et installés par une autre équipe de chercheurs et de techniciens du centre.

Les hautes températures qui sont associées aux plasmas d'un tokamak exigent d'utiliser des techniques de mesure indirectes telles que les influences du plasma sur des faisceaux de sondage et la mesure des émissions électromagnétiques du plasma. Les diagnostics utilisés pour mesurer les paramètres du plasma sont, par conséquent, hautement spécialisés et mettent en oeuvre les technologies les plus récentes: optique, lasers, tomographie rayons-X, infrarouge visible, ultra-violet, spectroscopie à rayons-X, spectrométrie de masse, analyse des surfaces, etc. En outre, tous les appareils sont télécommandés et les données sont obtenues, transférées et analysées par des systèmes informatisés conformes à la norme CAMAC.

Le Centre canadien de la fusion magnétique prévoit également accueillir des scientifiques d'autres institutions qui pourraient proposer des études impliquant l'utilisation des installations du centre ou leur participation aux activités scientifiques actuelles du centre.

L'ingénierie

Une équipe de spécialistes est responsable de concevoir les améliorations prévues du tokamak, comme par exemple les modifications requises pour l'allongement des impulsions et pour l'entraînement des courants de plasma par ondes radio-fréquences.

Bien que cette équipe soit relativement modeste actuellement, elle pourrait s'accroître rapidement, en raison des ententes en cours, par l'arrivée d'experts d'Hydro-Québec, de Canatom et de certaines des plus grandes firmes canadiennes d'ingénierie.

Informatique

Les logiciels de contrôle logique et opérateur d'interfaces ont été mis au point par l'équipe d'informatique scientifique du centre. La plupart des données fournies par les diagnostics sont recueillies par un système composé de trois ordinateurs (PDP 11/44, Micro PDP 11/73 et VAX 11/780). Les logiciels d'acquisition et les graphiques utilisés par les physiciens ont également été élaborés sur place.

Dans le but de répondre à l'augmentation de la collecte de données, un réseau d'ordinateurs MicroVax remplira graduellement les tâches d'acquisition et de traitement des données.

Des logiciels commerciaux seront également utilisés pour la gestion des graphiques et des données dans le but d'accroître la productivité du groupe responsable de la mise au point de logiciels.

Recherche de base

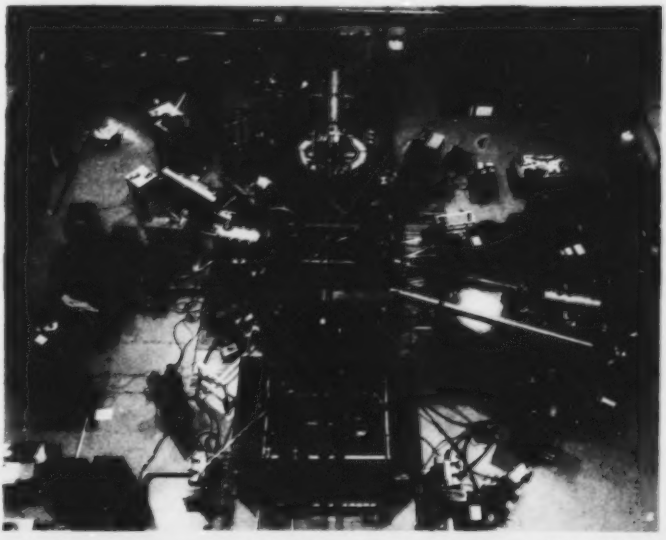
Un groupe de scientifiques du Centre canadien de la fusion magnétique se consacre à la recherche fondamentale sur les plasmas, à la simulation et à l'interprétation globale des données des expériences réalisées avec le tokamak. Une collaboration étroite a été établie avec des groupes similaires aux États-Unis, en Europe et au Japon.

Le groupe participe également aux études préliminaires en vue de la construction d'un réacteur international de recherche en fusion, le projet ITER. Cette collaboration portera particulièrement sur le contrôle des impuretés, sur la physique des divergeurs magnétiques et sur d'autres sujets d'intérêt commun.

Transfert de technologies

Plusieurs appareils achetés au cours de la construction du dispositif tokamak étaient uniques et devaient répondre à des spécifications rigoureuses. L'équipe d'ingénierie a souvent travaillé en étroite collaboration avec les fournisseurs pour parfaire ces nouvelles technologies. Cette expérience acquise est maintenant exploitée commercialement dans plusieurs cas. Parmi les domaines spécifiques de savoir-faire ainsi développés, il y a la modification et le contrôle des systèmes d'alimentation électrique; la chambre à vide (détection des fuites, systèmes de pompage, soudage et isolation électrique); bobines de cuivre (géométrie complexe, contrainte et analyse thermique, extrusion et isolation électrique); assemblage complexe (géométrie, tolérances et isolation électrique); interrupteur-enclencheur de plasmas à l'état solide; structures non magnétiques (soudage et traitement thermique); acquisition de données (volume, vitesse, traitement, affichage graphique et liaison par fibre optique); gestion du développement scientifique.

Installation d'un diagnostic scientifique sur le tokamak



La tokamak de Varennes a produit son premier plasma le 25 mars 1987 à 6 h 59

***Le Centre de recherche en sylvichimie de l'Outaouais** (CRSO) a été créé en 1984 afin de concevoir, développer et mettre au point des technologies de valorisation énergétique et technique de la biomasse forestière.*

Grâce à l'acquisition des installations de l'usine d'alcool de la Compagnie internationale de papier (CIP) à Gatineau, dont la capacité annuelle est de 30 millions de litres, le CRSO possède des laboratoires modernes dotés de tous les équipements d'analyse ainsi qu'une distillerie lui permettant de produire d'importantes quantités d'éthanol. Le CRSO est ainsi appelé à devenir le principal laboratoire de recherche canadien pour la mise au point de technologies de fermentation et de production d'éthanol à partir de biomasse forestière, de déchets urbains, d'effluents d'usines de pâtes et papiers et d'alcool brut provenant de la fermentation de mélasse ou de grain.

Centrifuge pour levure

Le CRSO regroupe des intervenants des milieux gouvernementaux, universitaires et privés: Société d'aménagement de l'Outaouais, CIP, Tembec, Biothermica International, Biospectrum International inc., Université d'Ottawa, Ville de Gatineau, Collège de l'Outaouais, Marga Chemicals inc.

Le plan de développement technologique du CRSO s'articule autour de trois grands volets d'intervention:

- des études de faisabilité technico-économiques visant le développement et la mise au point de nouvelles technologies de transformation des déchets forestiers et urbains en produits chimiques à haute valeur ajoutée;
- le développement de la mise à l'échelle de procédés déjà éprouvés en laboratoire, notamment dans le domaine de l'hydrolyse (acide ou enzymatique) de la biomasse et de la fermentation de différents substrats;
- la contribution au transfert de technologies entre entreprises industrielles.

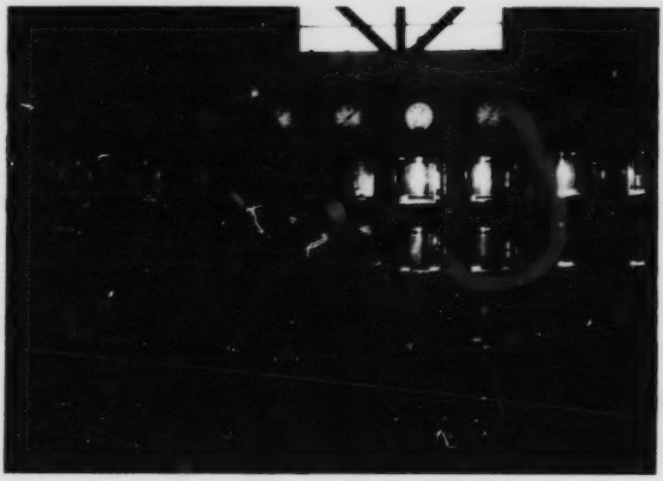
La valorisation chimique de la biomasse et de ses principaux constituants (lignine, cellulose et hémicellulose) pourrait permettre la production économique d'une gamme de produits à haute valeur ajoutée tels l'éthanol, le xylitol, le furfural, la vanilline, le glycol, le butanol, etc. Le CRSO a réalisé des études de marché de ces différents produits et compte relancer la production d'éthanol à son usine. Les principaux projets dans lesquels le CRSO est engagé sont les suivants:

Réservoir expérimental de fermentation

- étude sur la fabrication et la distribution d'éthanol carburant à partir des installations de l'usine de Gatineau;
- revue des principaux procédés d'hydrolyse acide des matières lignocellulosiques;
- analyse technico-économique de la production d'éthanol à partir des liqueurs de sulfite de l'usine Tembec, au Témiscamingue;
- développement et mise au point d'un procédé d'hydrolyse par acide nitrique; ce projet de un demi-million de dollars est financé conjointement par Énergie, Mines et Ressources Canada (EMR), le ministère de l'Énergie et des Ressources du Québec (MER), Tembec et le CRSO;
- projet de production d'éthanol et de xylitol avec les liqueurs de sulfite de Tembec à l'aide d'un réacteur à cellules fixes et de microorganismes adaptés (scytalidium aciduphilum);
- projet de relance d'une usine d'alcool dans l'Outaouais et identification d'un programme de démonstration pour l'utilisation d'alcool énergétique dans la Capitale nationale.

Enfin, le CRSO a récemment pris une participation au capital-action d'une société privée, Biospectrum International inc., qui se verra confier le mandat de commercialiser aux niveaux national et international les technologies développées par le Centre.

Appareil pour la détermination de sucre produit à partir de résidus de bois



Panneau de contrôle d'une distillerie d'éthanol

Créé en 1969 pour soutenir et stimuler le développement technologique de l'industrie québécoise, le ***Centre de recherche industrielle du Québec*** *offre à l'industrie divers services d'information industrielle et technologique, de transfert de technologie et d'assistance technique. Il effectue aussi des travaux de recherche et développement sur divers produits et sur les procédés de fabrication.*

Parmi les nombreuses réalisations technologiques que le CRIQ compte à son actif, on en compte un certain nombre dans le domaine des technologies et des énergies nouvelles.

Pompe à chaleur avec mélanges de réfrigérants

e CRIQ réalise actuellement n important projet de recher- ne visant à améliorer la per- ormance des pompes à haleur par l'utilisation des nélanges de réfrigérants non zéotropiques. Ce projet, ealisé grâce à l'appui du inistère de l'Énergie et des essources du Québec, a per- is au CRIQ de développer n savoir-faire unique et de evenir un intervenant majeur ans ce domaine. Ce savoir- ire est également mis à con- ibution dans la recherche de frigérants de substitution, on nocifs pour l'environne- ent.

Centre de recherche industrielle du Québec (CRIQ)

Échangeurs de chaleur ir-air

es échangeurs air-air permet- nt de récupérer l'énergie nermique des débits d'air cié et d'utiliser cette éner- ie pour le chauffage de l'air euf. Le CRIQ a réalisé de ombreux essais d'échangeurs r-air utilisables dans le sec- ur résidentiel. De plus, un anc d'essai spécialisé a été onstruit pour réaliser des ssais grandeur nature sur des changeurs air-air de taille ommerciale et industrielle. ette installation a servi à évelopper un nouveau type échangeur, le caloduc à dis- nce, qui permet de trans- rer l'énergie thermique ıtre deux conduites d'air phy- quement séparées par l'in- rmédiaire d'un fluide à ıangement de phase.

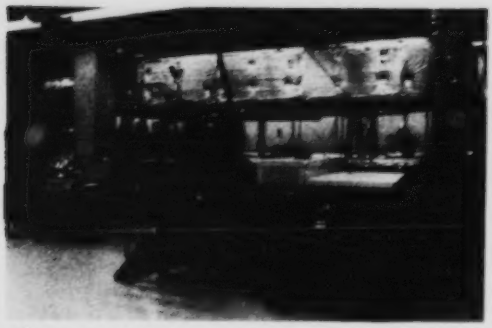
Pompe à chaleur avec mélanges de réfrigérants

• Appareils de chauffage au bois

Le CRIQ a développé une connaissance de pointe dans la conception et les essais d'appareils de chauffage au bois. De nombreux essais ont été réalisés sur une gamme étendue d'appareils de chauffage. Un projet important a permis de développer un appareil tri-énergie, qui fonctionne à l'électricité, au bois et aux granules de biomasse densifiée. Un programme de recherche est en cours dans le but d'identifier des technologies de combustion plus propres.

• Fabrication de glace en mer

Des installations de dessalement de l'eau de mer fonctionnent à partir de l'énergie thermique dégagée par les moteurs des bateaux de pêche. L'eau douce ainsi produite est transformée en glace par une pompe à chaleur avant d'être



Échangeurs de chaleur air-air

Appareils de chauffage au bois

utilisée pour la conservation du poisson. Les pêcheurs peuvent ainsi quitter le port avec une cargaison allégée et prolonger leur séjour en mer.

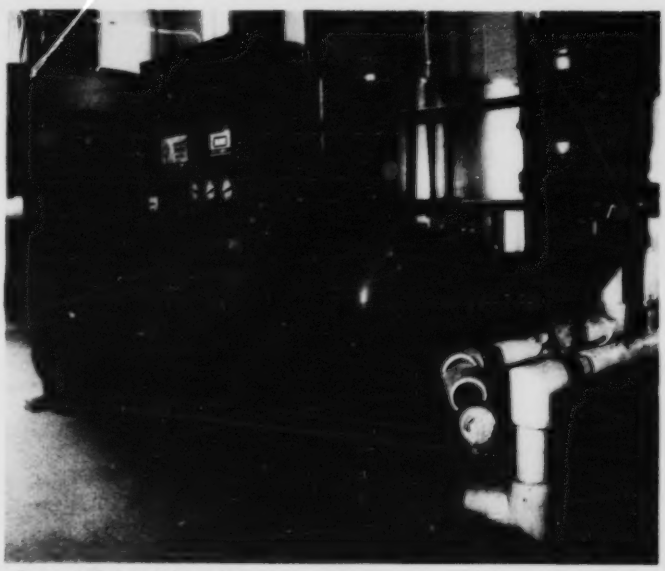
• *«Fabrikaglace»*

Le CRIQ a mis au point un système unique qui permet de tirer profit de la froidure de l'hiver pour climatiser les édifices en été… grâce à un formidable bloc de glace. En hiver, l'air extérieur est pulsé dans une enceinte bien isolée dans laquelle on vaporise de l'eau. Au contact de l'air froid, l'eau gèle et forme peu à peu un véritable iceberg. En été, l'air des bâtiments à climatiser est rafraîchi par un réseau d'eau glacée produite par échange thermique avec le bloc de glace.

«Fabrikaglace»

• *Pompe à chaleur industrielle*

Le CRIQ a réalisé une étude de faisabilité en vue de la récupération des rejets thermiques à l'usine d'Agrinove à Sainte-Claire-de-Dorchester. L'étude a démontré que le condensat provenant des évaporateurs de lait était une source d'énergie appropriée pour le préchauffage de l'eau d'alimentation des chaudières. Le système proposé comprend un échangeur de chaleur et une pompe à chaleur industrielle qui permet de récupérer plus de 600 kW. Un programme de mesures de la performance établi après l'installation a permis de confirmer le niveau de récupération prévu.



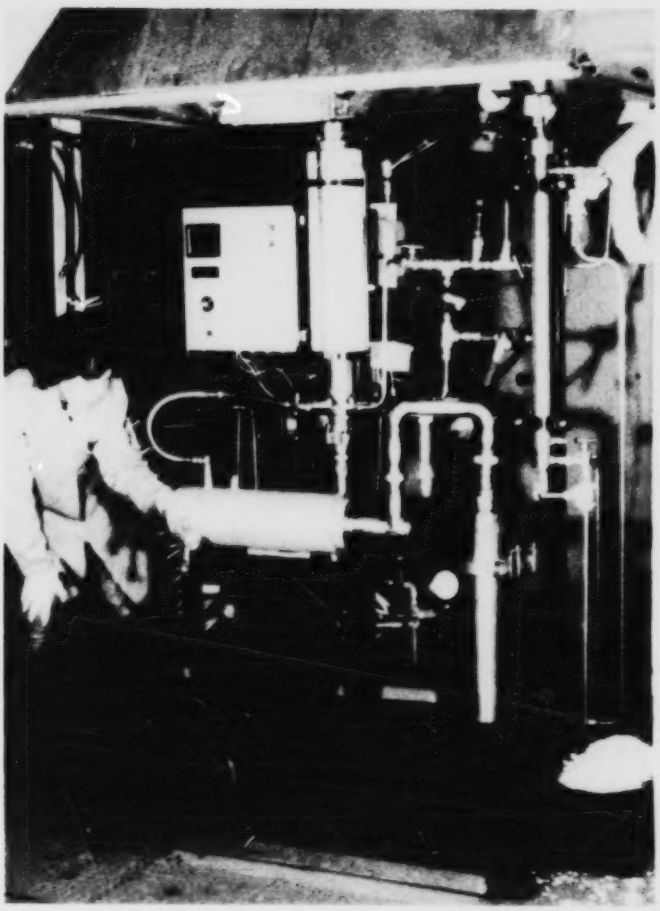
Pompe à chaleur industrielle

*Le **Centre québécois de valorisation de la biomasse** est une société du gouvernement du Québec qui a pour mission de faire la promotion de la recherche-développement visant l'utilisation de la biomasse comme matière première pour la production de biens commerciaux.*

Conscient de l'essor des biotechnologies, le Centre québécois de valorisation de la biomasse privilégie l'utilisation des procédés de valorisation biologiques et biotechnologiques en complément des utilisations traditionnelles de la biomasse comme la combustion.

Ces procédés permettent la production de biens à haute valeur ajoutée à partir de la biomasse d'origine agricole (détritus végétaux et animaux), forestière (arbres et résidus forestiers), aquatique (algues et poissons) ainsi qu'à partir de la tourbe et des rebuts organiques industriels et domestiques. Parmi les produits ayant une valeur marchande significative figurent les aliments pour les animaux et les humains, les champignons, les produits de chimie fine, les produits pharmaceutiques et des produits de base comme l'alcool, les solvants, les gaz et les huiles.

Doté du mandat de stimuler les activités reliées à la biomasse, le CQVB finance des projets de mise à l'échelle de procédés, de recherche appliquée ainsi que des études technico-économiques. Il repère les projets de recherche les plus prometteurs dans les centres de recherche gouvernementaux, universitaires ou industriels et il encourage l'utilisation la plus large possible de ces procédés dans l'industrie. Le CQVB accorde d'ailleurs une grande importance au transfert technologique entre l'université et l'industrie. Le Centre n'a ni laboratoire ni équipe de recherche qui lui soient propres, préférant s'associer aux entreprises et aux universités actives dans ce domaine.



Mini-vaporisateur utilisé pour le traitement de la biomasse lignocellulosique

Voici quelques exemples d'accords de coopération en recherche-développement conclus par le CQVB:

- avec l'Université de Sherbrooke, pour des travaux sur les procédés de récupération des matières lignocellulosiques et les macromolécules naturelles;
- avec l'Université Laval, pour les travaux ayant trait à la fermentation en phase solide et à la production de champignons;
- avec la compagnie Entreprises Premier CDN, pour la production de substrats biologiques à partir de tourbe;
- avec l'École Polytechnique de Montréal, pour des travaux en microbiologie appliquée et en génie des procédés et systèmes.

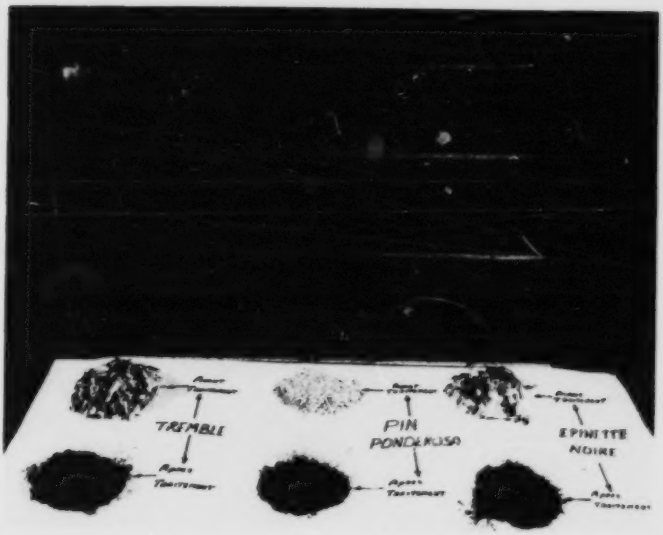
D'autres accords de recherche-développement sont prévus, particulièrement dans les domaines des biopolymères, des biopesticides et de la filtration biologique.

De 1988 à 1991, le budget du programme de soutien à la recherche-développement s'élèvera à 10 millions de dollars, dont environ 20 pour cent proviendront de partenaires financiers. Le CQVB accorde ainsi une grande importance à l'implication de partenaires industriels dans ses projets.

Une présence active

L'équipe en place évalue la capacité concurrentielle des nouveaux procédés et produits et elle détermine s'ils répondent à une demande du marché. L'aspect innovateur et la viabilité économique sont pris en considération avant de promouvoir les projets auprès des partenaires industriels et universitaires.

Le développement des biotechnologies appliquées à la biomasse ouvre de nouveaux horizons pour le plus grand bénéfice de toute la société.



Biomasse traitée par un procédé d'explosion à la vapeur (avant et après le traitement)

La tourbe, une biomasse à valoriser

Fondé en 1982, le ***Conseil de l'industrie de l'hydrogène*** *s'est donné pour tâche de représenter l'industrie de l'hydrogène, de promouvoir la recherche et le développement pour la production, le stockage, le transport et l'utilisation de l'hydrogène et, enfin, de susciter des projets d'utilisation de l'hydrogène susceptibles d'avoir des retombées économiques intéressantes.*

Un organisme d'envergure internationale

Cet organisme d'origine québécoise, qui a maintenant une envergure internationale, regroupe des intervenants gouvernementaux, dont ceux du Québec, de cinq autres provinces canadiennes et du Canada, des centres de recherches, des firmes de génie-conseil et de maints établissements industriels d'envergure (Air Liquide Canada, CIL, Canadien National, Hydro-Québec, Gaz Métropolitain, Lavalin, Ontario Hydro, Quénord, etc.). En tout, le CIH compte une cinquantaine de membres venant d'horizons différents, mais tous intéressés à jouer une part active dans ce domaine d'avenir qu'est l'industrie de l'hydrogène.

Pour jouer pleinement son rôle d'initiateur, le Conseil de l'industrie de l'hydrogène œuvre simultanément sur trois fronts:

- il coordonne et catalyse la recherche de manière à ce que chacune de ses interventions bénéficie au plus grand nombre de ses membres et il entreprend des projets à l'échelle nationale et d'envergure internationale;
- il se bâtit une réputation internationale de dépositaire de l'information technologique et commerciale sur l'hydrogène;
- il suscite des regroupements de savoir-faire scientifique et de ressources financières et il explore les occasions d'affaires.

Électrolyseur de Varennes

Une énergie d'avenir

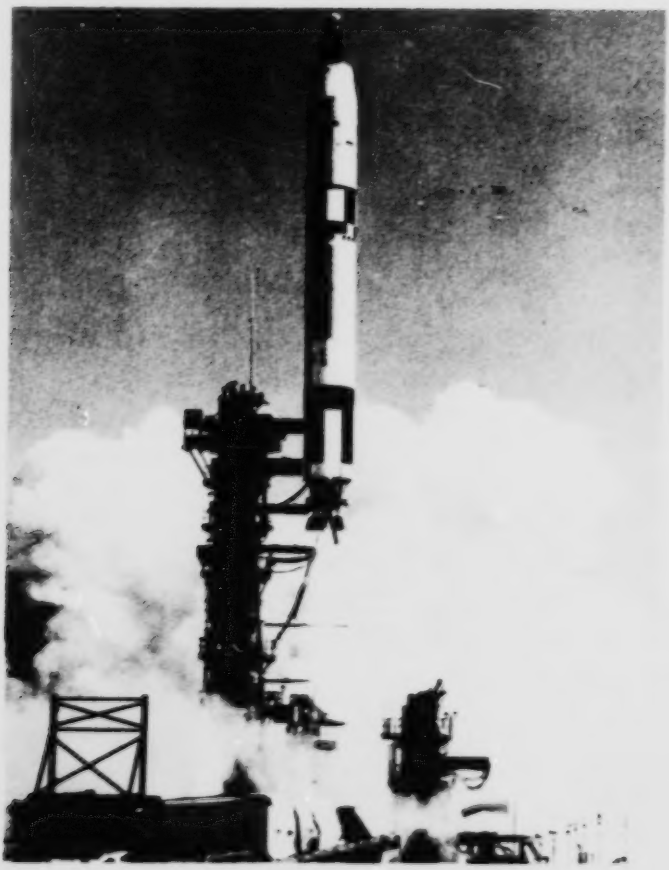
L'hydrogène pourrait remplacer le pétrole dans ses multiples applications. Il faudra toutefois attendre encore pendant plusieurs décennies avant que ne soit implantée toute l'infrastructure nécessaire, depuis la production jusqu'à l'utilisation de l'hydrogène. Cependant, les applications industrielles de l'hydrogène sont promises à des développements immédiats. Ainsi, ce vecteur énergétique est déjà utilisé dans les domaines de la valorisation des huiles lourdes, de la pétrochimie, des produits chimiques, du traitement des produits alimentaires et de la fabrication de composantes électroniques.

À l'heure actuelle, l'hydrogène est presque toujours extrait du gaz naturel par reformage des vapeurs. Or, il existe un autre procédé de production qui fait appel à l'électricité pour tirer l'hydrogène de l'eau: c'est l'électrolyse. Ce procédé très prometteur place le Québec dans une position stratégique en matière d'hydrogène. Le Québec dispose en effet d'abondantes ressources hydroélectriques, d'une infrastructure de recherche très élaborée et, enfin, d'un savoir-faire dans le domaine des technologies de pointe. Ainsi, l'électrolyseur expérimental de Varennes (1,2 MW) est actuellement le plus performant au monde. Par consé-

quent, le Québec a en main tous les atouts pour produire de l'hydrogène électrolytique de façon concurrentielle.

Très actif dans le domaine industriel, le CIH a déjà jeté les bases d'un projet d'une usine d'hydrogène liquide qui serait calquée sur l'électrolyseur de Varennes. D'autres projets industriels sont déjà en voie de réalisation. Par exemple, une usine de peroxyde d'hydrogène est en construction à Bécancour. Une seconde usine d'hydrogène liquide a été annoncée à Magog.

Véhicule minier à l'hydrogène



Fusée à hydrogène (Gemini 2)

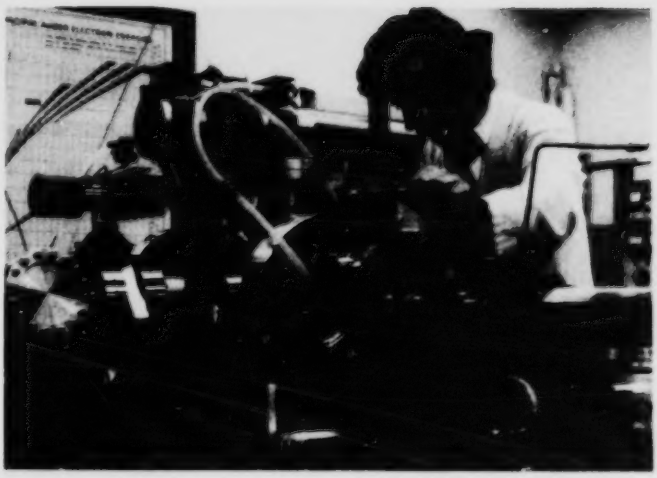
***L'INRS-Énergie** est un centre de recherche universitaire reconnu pour la qualité de ses travaux sur la fusion thermonucléaire, l'énergie solaire et les matériaux pour fins énergétiques. Créé en 1970 à Varennes, l'Institut emploie un personnel scientifique de 75 personnes, dont plus de 25 détiennent un doctorat. L'INRS-Énergie offre en outre des programmes de maîtrise et de doctorat aux étudiants désireux d'acquérir une solide formation dans le secteur de l'énergie.*

La fusion

La fusion thermonucléaire contrôlée des isotopes de l'hydrogène est l'un des modes de production d'électricité et de chaleur les plus nouveaux et les plus prometteurs. L'abondance de la source de combustible (l'eau), la sécurité d'opération et le peu d'impact sur l'environnement expliquent l'intérêt que portent les pays industrialisés à cette source d'énergie. Deux approches principales sont envisagées pour la mettre en oeuvre, soit le confinement magnétique et le confinement inertiel des plasmas.

L'INRS-Énergie participe étroitement au projet tokamak de Varennes, sous l'égide du Centre canadien de fusion magnétique (CCFM) qui est une entreprise conjointe d'Hydro-Québec (HQ), d'Énergie atomique du Canada limitée (EACL) et de l'Institut national de la recherche scientifique (INRS). Ce projet scientifique d'envergure, le plus important du genre à avoir été entrepris au Québec, a pour but l'étude expérimentale de la technique de confinement magnétique du plasma comme moyen «d'embouteiller» ce gaz ionisé. Pour atteindre les conditions d'ignition, le plasma est confiné dans une chambre toroïdale par un champ magnétique de plusieurs dizaines de kilogauss, porté à des températures de l'ordre de 100 millions de degrés Celsius et maintenu dans ces conditions extrêmes pendant une période de l'ordre de la seconde. Un tel procédé pose des défis majeurs tant à l'égard de la production et du maintien de telles conditions que des matériaux qui entourent ce dispositif. L'INRS-Énergie participe activement à toutes les facettes de cet ambitieux projet de recherche et développement.

Chambre d'interaction laser-matière



Analyse Auger des parois du tokamak

La formation de chercheurs, la recherche sur le développement et l'exploitation des techniques pour diagnostiquer le plasma, les études théoriques et expérimentales sur sa dynamique, l'élaboration de revêtements protecteurs capables de résister dans cet environne-

ment sont et demeureront au coeur des préoccupations de l'INRS-Énergie et de ses partenaires.

Parallèlement, l'INRS-Énergie s'est bâti une réputation enviée dans la technologie de la fusion thermonucléaire par confinement inertiel, basée sur l'interaction laser-matière (rayonnement laser sur cibles de matière). Selon cette approche, le combustible doit être comprimé à plus de 100 milliards d'atmosphères, chauffé à des températures de quelque 100 millions de degrés Celsius et ce, pendant quelques milliardièmes de seconde. Pour y parvenir, on place le combustible au centre d'une coquille sphérique qui est bombardée de tous les côtés par plusieurs faisceaux lasers, chacun devant fournir une puissance instantanée de quelque 100 milliards de watts. Dotée d'une installation expérimentale unique au Canada, l'équipe de l'INRS-Énergie a acquis un savoir-faire et des connaissances qui lui permettent de concentrer ses efforts sur la physique des plasmas soumis à des fortes densités de puissance laser et en particulier sur leur émission X. La lithographie à très haute densité, la microscopie X et la caractérisation fine des surfaces font également l'objet des travaux théoriques et expérimentaux.

Le solaire: l'autre fusion

La radiation solaire issue de la réaction de fusion du soleil constitue une source abondante et inépuisable d'énergie thermique, chimique ou électrique.

L'INRS-Énergie, en collaboration avec divers partenaires universitaires, industriels ou gouvernementaux, a entrepris de relever le défi de transformer et de stocker cette source d'énergie, et de la rendre compétitive avec les sources d'énergie conventionnelles.

L'INRS-Énergie s'est d'abord intéressé au développement et à l'évaluation des capteurs et des systèmes de gestion de l'énergie thermique visant notamment le chauffage de l'eau domestique et de procédés industriels.

Ces travaux lui ont valu d'être reconnu comme centre d'excellence par le service des manufacturiers canadiens.

De plus, il poursuit divers travaux de recherche et développement sur les pompes à chaleur thermochimiques. Ces dispositifs permettent de stocker l'énergie à haute densité sans perte appréciable et de produire du froid et de la chaleur. Leur mise au point contribuera à élargir le spectre des applications de l'énergie solaire thermique à la réfrigération et aux applications à haute température avec une bonne efficacité, malgré le caractère intermittent de cette source.

Les chercheurs oeuvrent également à mettre au point des méthodes originales de réalisation de cellules photovoltaïques capables de transformer directement l'énergie solaire en électricité. C'est ainsi qu'on s'emploie à maîtriser un procédé de production de films d'arséniure de gallium sur substrats de germanium, visant ainsi à produire des cellules de grandes dimensions qui atteignent des efficacités de transformation supérieures à 20 %.

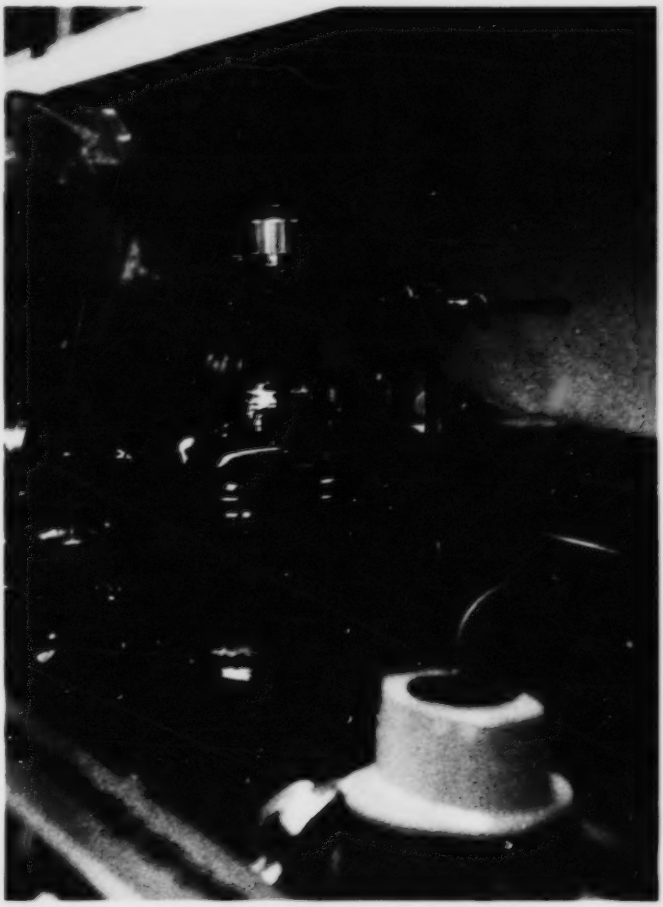
Chocs thermiques sur les capteurs solaires

Thermodynamique du milieu conducteur dans les batteries au lithium

On travaille également à optimiser le fonctionnement des accumulateurs à haute densité dans les conditions extrêmes de température rencontrées dans nos régions afin d'assurer une gestion optimale de l'énergie électrique produite par ces cellules.

D'autres travaux de recherche s'attachent à développer des produits organiques électrophotochromiques. Ces matériaux, dont l'opacité peut être contrôlée à volonté par l'application d'un faible voltage, permettraient de mettre au point des fenêtres «intelligentes» pour le contrôle de l'éclairage et des apports solaires dans les bâtiments. Plusieurs matériaux ayant déjà été synthétisés, on s'applique à mettre au point des techniques simples de production de films de grandes surfaces et à poursuivre des tests visant à démontrer leur potentiel d'application.

On poursuit également des travaux d'analyse énergétique. D'abord mis en place pour aider à évaluer la portée des travaux de recherche entrepris à l'INRS-Énergie, ceux-ci ont rapidement mené à l'élaboration d'un modèle d'analyse global de la demande énergétique québécoise. L'impact sur la demande québécoise de la pénétration de nouvelles technologies ou des échanges d'électricité avec les États du Nord-Est américain sont des exemples des problèmes auxquels s'intéressent ces chercheurs.



Sublimation des matériaux semi-conducteurs organiques

Enfin, conscient de l'importance des matériaux dans le développement des technologies énergétiques, l'INRS-Énergie s'est doté d'un groupe de recherche sur les matériaux qui offre un support important aux divers travaux de recherche du Centre.

Cette équipe s'attache particulièrement à l'étude des phénomènes de surface et d'interface. En effet, bon nombre des caractéristiques optiques, électriques, de dureté ou de résistance à l'usure dépendent des caractéristiques de ces régions de transition.

***L'Institut de recherche Brace**, qui fut créé en 1961, est un véritable pionnier en matière d'énergies nouvelles et de technologies adaptées. Son mandat premier était d'offrir, particulièrement dans les pays en voie de développement, un savoir-faire dans tous les procédés de dessalement de l'eau de mer. Son rôle s'est ensuite étendu pour couvrir plusieurs technologies énergétiques adaptées aux ressources autochtones.*

L'Institut a oeuvré dans un nombre considérable de pays en voie de développement. Il offre des services multiples, allant de la consultation jusqu'à la surveillance des travaux, dans tous les secteurs de l'énergie solaire ou éolienne, de la biomasse ou des pompes à chaleur. L'Institut n'a pas développé de technologie déterminante, mais plutôt de multiples technologies adaptées à des cas particuliers. Des critères de simplicité, de faible coût de fabrication et de robustesse sous-tendent généralement l'élaboration des produits. On peut tenter de regrouper certaines des réalisations de l'Institut Brace:

- divers types de cuisinières, fours, séchoirs, chauffe-eau, bassins et pompes solaires;
- instrumentation peu coûteuse pour mesurer les vents et les radiations solaires;
- plusieurs systèmes de serres, dont la serre «Brace», pour les climats nordiques. Constituée d'une façade nord isolée et recouverte à l'intérieur d'une surface réfléchissante, cette serre est munie d'un système de stockage simple, par lit de roches;
- divers systèmes éoliens, dont les prototypes miniatures;
- divers biodigesteurs pour produire du méthane à partir de déchets agricoles;
- appareil de production de briquettes à partir de résidus de bois;
- utilisation d'installations appartenant aux acériculteurs pour la distillation d'alcool-carburant.

Serre Brace

Éolienne Savonius

Éolienne de pompage

Seul ou en collaboration avec d'autres organismes de recherche, l'Institut Brace a effectué en outre maints travaux d'analyse et de planification énergétique sur presque tous les continents. Il poursuit également des travaux de recherche appliquée dans tous les domaines énergétiques précités afin de mettre au point des produits nouveaux ou améliorés.

Enfin, l'Institut Brace dispose d'une liste impressionnante de publications et de plans de fabrication. Ces ouvrages, traduits en plusieurs langues, sont disponibles sur demande à prix modique. Les informations qu'ils renferment permettent aux intéressés de construire à peu de frais une serre, une éolienne, un chauffe-eau, un distillateur ou un séchoir agricole.

*Le **Laboratoire des technologies électrochimiques et des électrotechnologies (LTÉÉ)** est un nouvel organisme à vocation industrielle créé par Hydro-Québec. Situé à Shawinigan, le laboratoire met ses spécialistes et ses installations d'essais au service des entreprises canadiennes. Il permet à ces dernières de valider des concepts, et de faire la mise au point et la démonstration de procédés et de techniques utilisant l'électricité.*

Le LTÉÉ est entièrement consacré au secteur industriel. Il est orienté vers le développement et la démonstration de nouvelles applications performantes de technologies électriques à des procédés industriels dans les secteurs des pâtes et papiers, des mines, de la chimie, de la métallurgie, des textiles et de l'agro-alimentaire.

Les principaux domaines d'activités sont les électrotechnologies, les plasmas industriels, ainsi que la chimie et l'électrochimie industrielles.

Dans le secteur des électrotechnologies, le laboratoire s'intéresse entre autres au séchage et au chauffage de matières premières ou de produits finis par résistance, induction, infrarouge, hautes fréquences et micro-ondes, ainsi qu'au développement des pompes à chaleur. Dans les plasmas industriels, il se préoccupe particulièrement du développement de procédés chimiques ou métallurgiques ainsi que du traitement de produits dans des fours ou des réacteurs à de très hautes températures. Finalement, les activités en chimie et électrochimie industrielles sont orientées vers le développement et la démonstration de procédés de séparation ou de fabrication de produits chimiques ou métalliques par des méthodes électrochimiques ou l'utilisation de membranes, ainsi que vers le développement d'accumulateurs à haute densité d'énergie pour des véhicules

Le laboratoire des technologies électrochimiques et des électrotechnologies (LTÉÉ)

Production d'hydrogène par électrolyse à l'usine expérimentale d'Hydro-Québec de Varennes

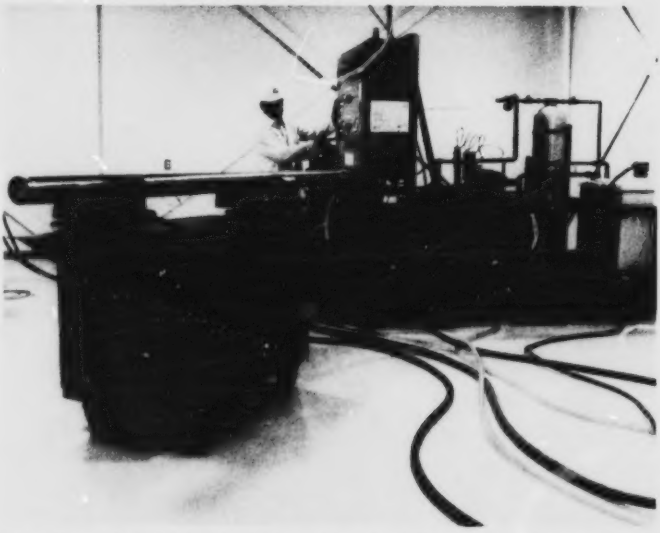
Un four à plasmas

Des résultats significatifs ont été obtenus. Les travaux des spécialistes du LTÉÉ dans le domaine de l'infrarouge ont mené, par exemple, à la mise au point d'un séchoir de 1,2 MW pour le séchage de cartons à oeufs à l'usine de la compagnie Cascades Inc. à Kingsey-Falls.

D'autres travaux sont également à signaler dans ce champ d'activités: l'élaboration d'un concept innovateur d'éléments chauffants à induction pour le chauffage des fluides; la mise au point de bobines et d'une source d'alimentation pour le chauffage à induction des rouleaux des presses et des calandres dans les machines à papier; la réalisation d'un four pilote rotatif pour le séchage et le chauffage d'agrégats destinés à la fabrication de bétons bitumineux; l'exécution d'essais sur le traitement des poussières (poussières de four à arc, etc.) en utilisant la technologie des plasmas et la conception de pompes à chaleur résidentielles et commerciales avec appoint non électrique.

Dans le domaine de l'hydrogène, les cellules mises à l'essai à l'usine pilote d'électrolyse de l'eau du LTÉÉ ont été installées à l'usine HydrogenAl de Bécancour, une entreprise récemment créée par Air Liquide Canada Ltée et Hydro-Québec. Le laboratoire a une superficie de plus de 4 000 m^2. Il comprend, en plus d'un hall d'essais de 620 m^2 et d'une aire d'essais extérieure de 300 m^2, les installations suivantes: une chambre anhydre d'une superficie de 50 m^2, un banc d'essais pour pompes à chaleur, des plates-formes de séchage à résistances électriques, rayonnement infrarouge, hautes fréquences et convection, une usine pilote d'électrolyse de l'eau, un banc d'essais pour piles à combustible, un banc d'essais de procédés électrochimiques ainsi que des fours et des torches à plasma, dont une unité mobile, comprenant trois camions à remorque équipés de torches à plasma dont la puissance varie de 50 à 1 000 kW, qui permet d'effectuer la démonstration en usine, chez le client, des procédés mis au point en laboratoire.

Le nouveau laboratoire industriel d'Hydro-Québec a implanté une structure d'accueil souple qui lui permet de répondre aux besoins de chaque client. Le LTÉÉ peut, en ce sens, soit formuler et gérer l'ensemble d'un projet, soit réaliser des essais par contrat ou dans le cadre d'ententes de collaboration à risques partagés, ou encore louer au client ses laboratoires et ses installations d'essais.



Installation d'essais de technologies industrielles utilisant une torche à plasmas

Démonstration en laboratoire d'un procédé de séchage infrarouge

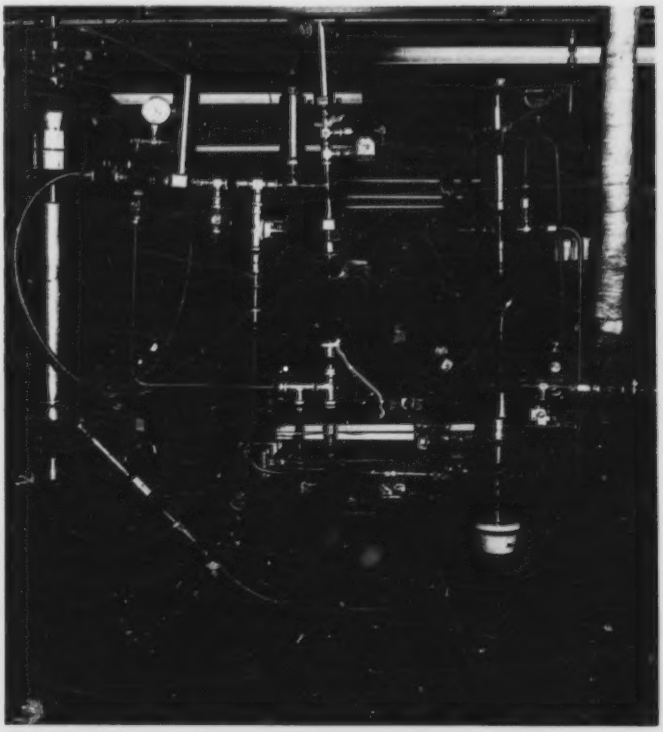
***L'Université de Sherbrooke** regroupe des équipes de chercheurs très actives dans les domaines de la biomasse, des plasmas et du solaire.*

Biomasse

Une équipe formée d'une vingtaine de personnes (chercheurs, professionnels et techniciens) travaille à la mise à l'échelle de procédés visant la valorisation chimique, biochimique et énergétique des macromolécules constitutives des matières lignocellulosiques, de la tourbe, de l'amidon et de la chitine. L'équipe est devenue, en octobre 1986, le laboratoire associé des matériaux lignocellulosiques du Centre québécois de valorisation de la biomasse (CQVB).

• Le fractionnement des matières lignocellulosiques et humiques par voies thermo-mécano-chimiques constitue le projet principal du groupe de recherche. Ce fractionnement vise la déstructuration, la désagrégation et la dépolymérisation des macromolécules constitutives. Celles-ci, une fois libérées, sont traitées par voie thermocatalytique ou par catalyse enzymatique afin de les modifier et les transformer en produits d'intérêt pour la chimie industrielle et la biochimie. Trois techniques de fractionnement sont étudiées: le vapocraquage et l'hydrolyse en phase aqueuse constituent respectivement les traitements thermomécaniques vapeur et aquovapeur, alors que la solvolyse est une variante des traitements thermomécaniques en phase organique. Des unités de développement de procédés (UDP) ayant des capacités pouvant aller jusqu'à 10 kg/h ont été conçues et rendues opérationnelles par l'équipe de recherche. En plus, une unité commerciale de vapocraquage, ayant une capacité de 4 tonnes/h et utilisant l'alimenteur STAKE, a été confiée au groupe de recherche pour optimisation. L'Université de Sherbrooke, STAKE Technologies Ltd et le CQVB ont développé, autour de l'alimenteur, une plate-

Laboratoire de chimie analytique



Fractionnement du bois et hydrolyse

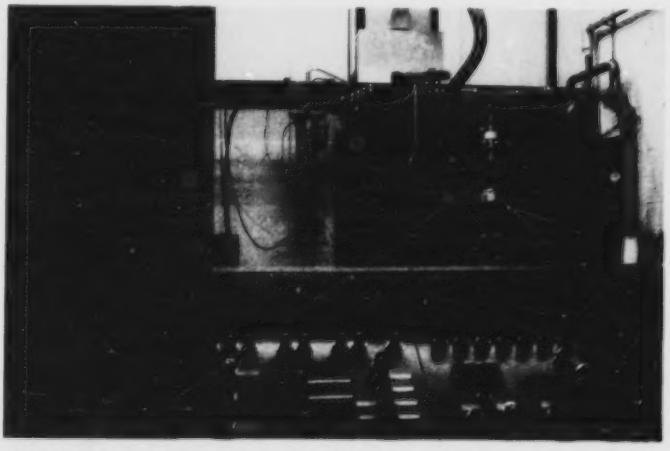
forme expérimentale de démonstration pour les traitements thermo-mécano-chimiques.

• La conversion catalytique par voie thermochimique des différents produits primaires issus de l'étape de fractionnement est aussi poursuivie par l'équipe. Des réacteurs à haut taux de cisaillement constituent la base de l'approche technologique. Les projets les plus avancés sont la cyclisation des pentoses dérivés des hémicelluloses, l'hydrogénation des pentoses et des hexoses et la dépolymérisation sélective des hydrates de carbone et de la lignine. Les objectifs de ces différents projets sont reliés à l'obtention de produits spécifiques. L'apport de l'équipe de recherche se situe au niveau de nouvelles technologies compactes et rapides qui améliorent les rendements et la pureté des différents produits.

• La conversion enzymatique des lignines, des celluloses, des hémicelluloses et de la chitine est étudiée en collaboration avec le département de biochimie dans le cadre du programme d'actions structurantes. Les objectifs principaux sont la séparation et le recyclage des enzymes, ainsi que l'identification de systèmes enzymatiques capables d'effectuer la dépolymérisation des macromolécules.

• La conversion des résidus lignocellulosiques en combustibles synthétiques est aussi étudiée par l'équipe. Deux technologies sont explorées: la solvolyse/liquéfaction et la pyrolyse sous vide. Les bases fondamentales de deux technologies sont les sujets d'étude de plusieurs thèses sur ces thèmes.

Plasma à induction utilisé pour la fusion des matériaux et la synthèse des poudres ultrafines de métaux et céramiques nouvelles

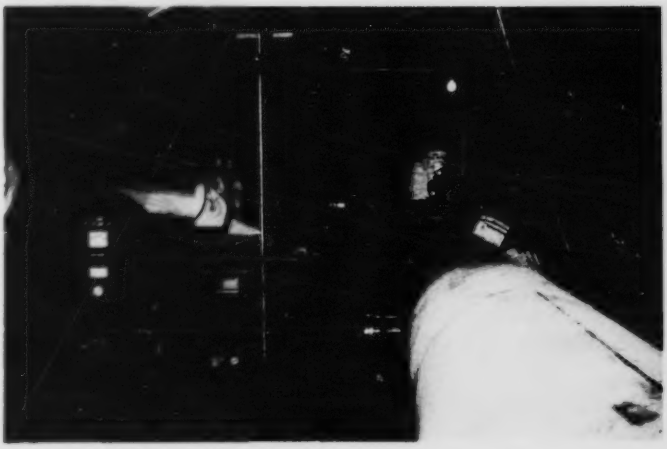


Vue générale de l'installation pilote de 250 kW du four Plasmacan à arc transféré utilisé pour la fusion des poudres de métaux et de minéraux

Plasmas

Le Laboratoire de recherche en technologie des plasmas thermiques se compose d'une vingtaine de chercheurs et de professionnels impliqués dans divers aspects de la recherche et développement de procédés. L'objectif visé étant la conversion directe de l'énergie électrique en énergie thermique à haute température (5 000°K-10 000°K) et l'utilisation de celle-ci pour le développement de nouveaux procédés de pointe et la préparation de matériaux de haute performance incluant métaux, alliages et céramiques nouvelles. Parmi les procédés étudiés se retrouvent les suivants:

- Fusion et déposition des poudres par projection plasma en vue de la préparation de couches protectrices ou de pièces de forme. Ceci inclut les barrières thermiques de zircon stabilisées, les revêtements résistant à l'usure ou à la corrosion, ainsi que les dépôts de métaux et superalliages.
- Fusion des poudres et poussières de métaux et de minéraux à une échelle pilote d'une puissance de 250 kW utilisant un four à plasma à arc transféré, l'objectif étant de convertir des poudres et des déchets industriels en des produits de haute valeur ajoutée.
- Préparation de poudres ultrafines de métaux (Fe), d'alliages (Al/Cu) ainsi que de céramiques de haute performance (SiC et Si_3N_4) en utilisant un réacteur à plasma. Ces poudres sont caractérisées par leur grande surface spécifique et leur habileté à se compacter par pression et frittage à des densités voisines de leur densité théorique.
- Conversion du gaz naturel en hydrocarbure liquide par traitement dans un réacteur à plasma.
- Développement d'un réacteur à plasma à lit jaillissant pouvant être utilisé pour le traitement des minéraux et des hydrocarbures lourds à haute température en vue de l'oxydation et la conversion thermique de ces produits.



Réacteur à grande capacité

Solaire

Une équipe de l'Université a déjà mis au point un capteur parabolique à convection libre. Ces chercheurs travaillent présentement sur des programmes de simulation numérique pour les calculs de chauffage et de climatisation, sur des tables de radiation de différents sites au Québec et, en collaboration avec le Centre de recherche du bâtiment et le Centre national de la recherche scientifique (France), sur divers systèmes de conversion et de stockage solaire. Les mêmes chercheurs développent un savoir-faire dans les domaines des pompes à chaleur et des éoliennes aux performances améliorées.

***À l'Université Laval** la recherche et le développement sur les technologies et les énergies nouvelles se font dans plusieurs domaines. Dans quatre départements et écoles, des chercheurs explorent de nouveaux moyens de mettre en valeur les diverses formes d'énergie qui s'offrent à nous.*

Les principaux axes de recherche portent sur la valorisation de différents types de déchets grâce à la pyrolyse sous vide, sur la mise au point de systèmes de chauffage domestique à faible consommation d'énergie et sur le développement de logiciels visant à maximiser le rendement énergétique des résidences.

Pyrolyse sous vide

Au Département de génie chimique de l'Université Laval, l'équipe de Christian Roy a développé un procédé de pyrolyse sous vide permettant de récupérer des produits de grande valeur commerciale à partir de résidus de toutes sortes. Le procédé a déjà été appliqué avec succès pour différents types de déchets. Ainsi, les chercheurs ont démontré que, grâce à ce procédé, il était possible de récupérer la presque totalité des hydrocarbures contenus dans les boues résultant du procédé de raffinage du pétrole, en plus de rendre les produits résiduels inoffensifs pour l'environnement. Cette technologie permet aussi de récupérer les produits utiles contenus dans les pneus usés: 100 kg de ces déchets donnent 60 kg d'huile, 37 kg de noir de carbone et 3 kg de gaz. Toujours à l'aide du même procédé, ils ont pu obtenir du charbon de bois, des huiles, ainsi que des produits chimiques de grande valeur commerciale à partir de simples copeaux de bois.

Des produits utiles, extraits de résidus pétroliers et forestiers, grâce à la pyrolyse sous vide

Énergie solaire et éolienne

Mis sur pied en 1980, le Laboratoire d'études et de développement en énergies nouvelles (EDEN) vise à élargir le champ d'application des énergies solaire et éolienne et des pompes à chaleur, et à rentabiliser leur utilisation dans le milieu québécois. Ses travaux portent principalement sur l'optimisa-

Le Laboratoire EDEN situé sur le toît du pavillon A.-Pouliot

tion des systèmes de chauffage résidentiel à faible consommation d'énergie et sur le chauffage solaire passif.

En particulier, le système solaire actif-pompe à chaleur mis au point à l'EDEN est très prometteur, aussi bien au point de vue économique qu'au point de vue énergétique. Il permet une opération sans appoint d'électricité, même durant les périodes les plus froides de l'hiver.

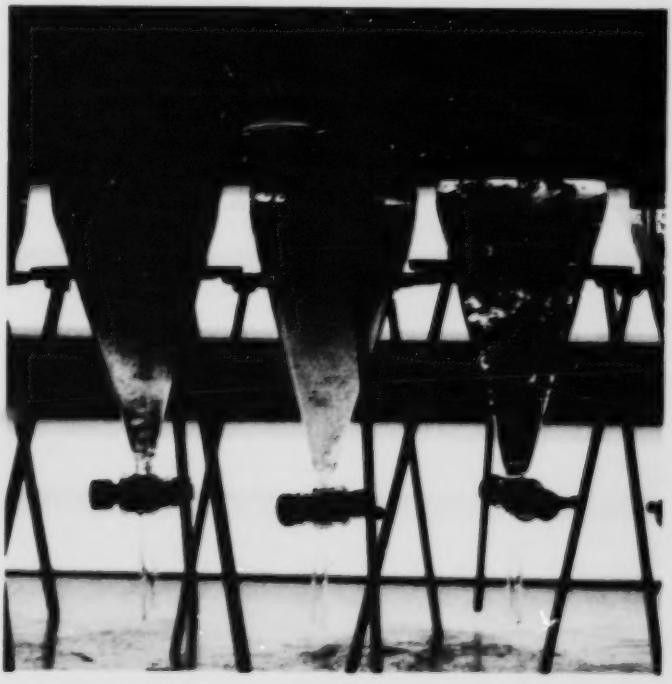
Les chercheurs de l'EDEN ont développé de multiples installations solaires adaptables à des maisons existantes, et mis en place plusieurs prototypes munis d'instruments de contrôle (solariums escamotables, fenêtres-capteurs solaires, blocs de verre ou de plastique d'une résistance thermique élevée, etc.).

Le logiciel énergétique intégré pour les logements adaptés au solaire que les chercheurs ont mis au point permet de calculer les gains solaires et les pertes de chaleur dans les résidences. Ce logiciel aide l'utilisateur à choisir entre plusieurs possibilités, à bâtir divers scénarios et à imaginer différentes stratégies.

Un traitement graphique interactif rend l'utilisation du logiciel facile, même pour les non-spécialistes. Il permet aussi de conjuguer les techniques d'économie d'énergie et de chauffage solaire passif dans les résidences neuves ou les résidences déjà existantes, en visant à améliorer l'efficacité énergétique du bâtiment. Ce logiciel peut être utilisé avec tous les compatibles IBM-PC.

Le groupe de recherche en énergie éolienne des départements de génie mécanique et de génie électrique poursuit, depuis 1980, une recherche interdisciplinaire sur la conception d'aérogénérateurs à vitesse variable (0 à 50 kW) optimisés pour des utilisations

Le logiciel LILAS permet de calculer les gains et les pertes d'énergie dans les résidences



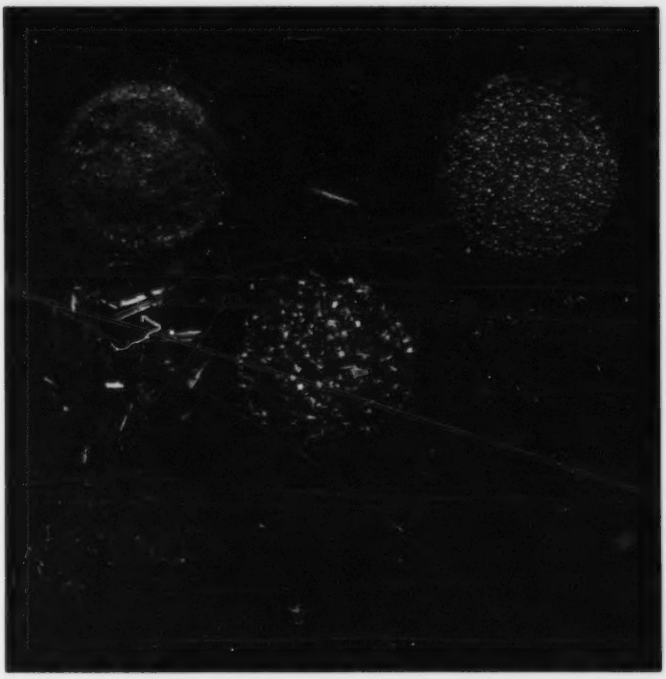
Différents substrats de fermentation utilisés au Lafersol

spécifiques (fonctionnement autonome ou dans un réseau). Un des caractères essentiels du projet réside dans l'interaction de la recherche aérodynamique et électrique: adaptation de la génératrice à l'éolienne et vice-versa, développement de commandes optimales et d'une instrumentation spécialisée et conception de machines spéciales.

Catalyse

Un groupe de chercheurs disposant d'un laboratoire bien équipé – en particulier une installation moderne pour l'analyse de surface (Auger, ESCA, SIMS, ISS, FTIR) – travaille à la conception, à la caractérisation et à des essais de catalyseurs industriels. Les travaux du groupe portent sur des catalyseurs pour différents procédés de raffinage du pétrole, comme l'hydrodésulfuration. Le groupe se préoccupe aussi de développer des catalyseurs et des procédés catalytiques utilisables dans le domaine de la valorisation de la biomasse.

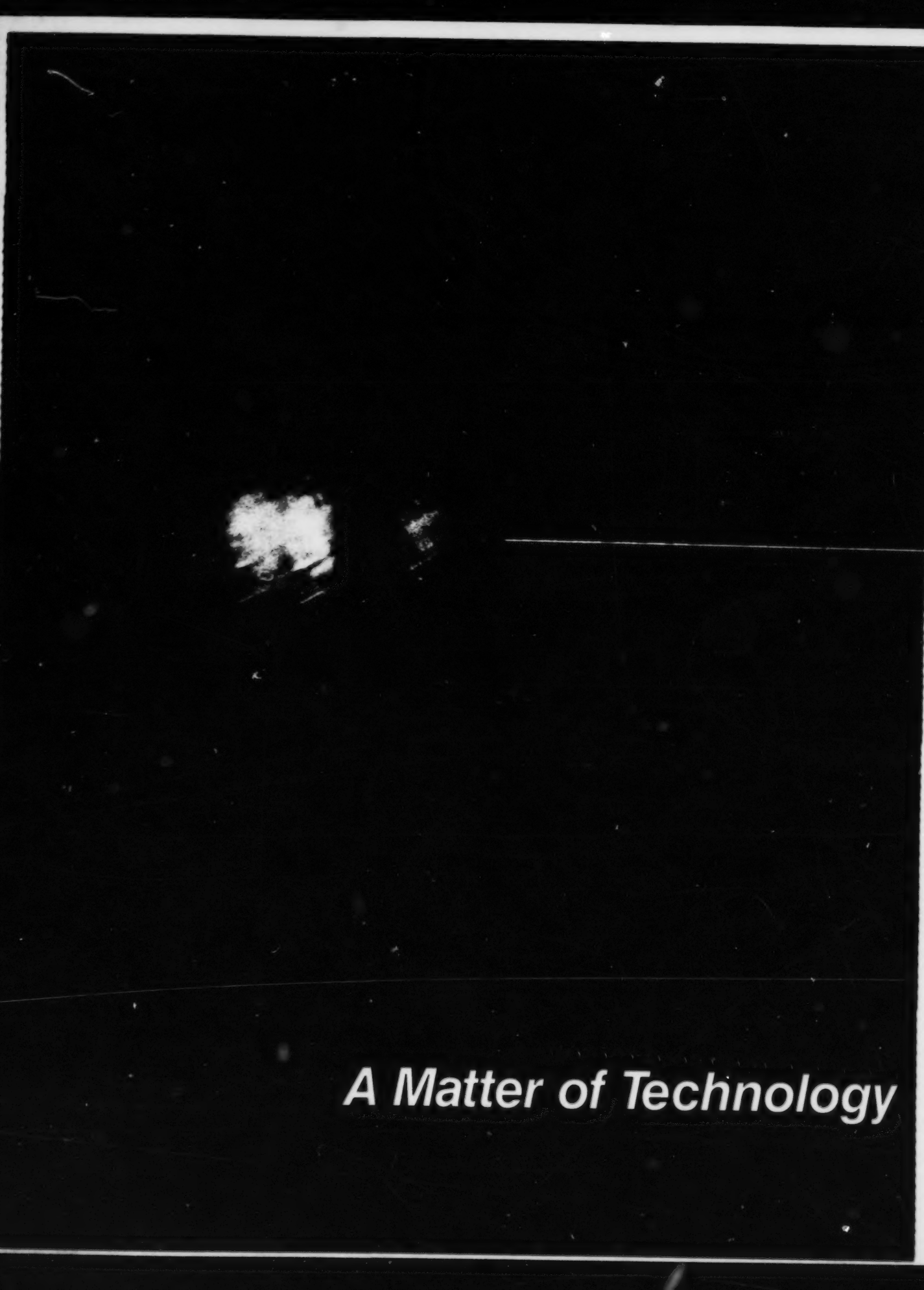
Pour faciliter l'établissement de contacts avec les entreprises et les institutions intéressées à entreprendre des travaux en collaboration avec ses chercheurs, l'Université Laval s'est dotée d'un Bureau de valorisation des applications de la recherche. On peut y obtenir plus de précisions sur les projets présentés ci-dessus ou sur d'autres travaux de recherche menés à l'Université Laval.



Production, à partir d'eaux usées, de biomasse végétale et de substances à haute valeur ajoutée

Production de champignons dans les enceintes climatisées

Energie
et Ressources



A Matter of Technology

PRESENTATION

Our energy future depends on our ability to master new and more efficient techniques that will enable us to make use of a greater variety of energy sources.

In Québec, this is the challenge that lies before us. A good number of Québec agencies and companies are already leading the way to the energy future.

The ministère de l'Énergie et des Ressources du Québec hopes this information kit will give you some idea of the activities of these organizations.

The Minister of Energy and Resources

CONTENTS OF THE PACKET

The following list is an overview of the leading Québec firms and institutions involved in new technologies and alternative energies. The list is far from exhaustive and, since the sector is expanding rapidly, it will likely include many more names in the future.

Manufacturers:

- BioShell Inc.
- Fournelle Energy Technologies Inc.
- Pyrox Industries Inc.
- Uraken

Consulting Engineers:

- SNC Group
- Institut Grace
- Shawinigan Lavalin Inc.
- Société d'Ingénierie Cartier Limitée
- Tecsult Inc.

Research and Development:

- Biothermica International Inc.
- Canada Magnetic Fusion Centre (CMFC)
- Centre de recherche en sylvichimie de l'Outaouais (CRSO)
- Centre de recherche industrielle du Québec (CRIQ)
- Centre québécois de valorisation de la biomasse (CQVB)
- Conseil de l'industrie de l'hydrogène (CIH)
- Institut national de la recherche scientifique (INRS-Énergie)
- Brace Research Institute
- Laboratoire des technologies électrochimiques et des électrotechnologies (LTÉÉ)
- Université de Sherbrooke
- Université Laval

BioShell Inc. *uses a relatively simple process to produce a fuel that delivers surprising performances. This fuel, called Energex, is a major discovery in the field of commercial biomass refining. It can be used in any self-loading boiler and, when pulverized, it can be burned in suspension. Energex has been tested successfully in industrial, commercial and residential heating systems.*

The technology

Energex can be obtained from any type of biomass: wood residues, agricultural wastes, peat, bagasse, etc. The manufacturing process involves several stages:

- organic fiber is first separated from foreign matter;
- it is then reduced to particles of a uniform size by grinding or crushing;
- the water content of the particles is reduced to a specific level by drying;
- the particles are then subjected to high temperatures and pressures;
- the pellets thus obtained are cooled and stored.

Factories producing Energex pellets are virtually self-sufficient in energy. The size of the facilities is limited only by the quantity of raw materials available.

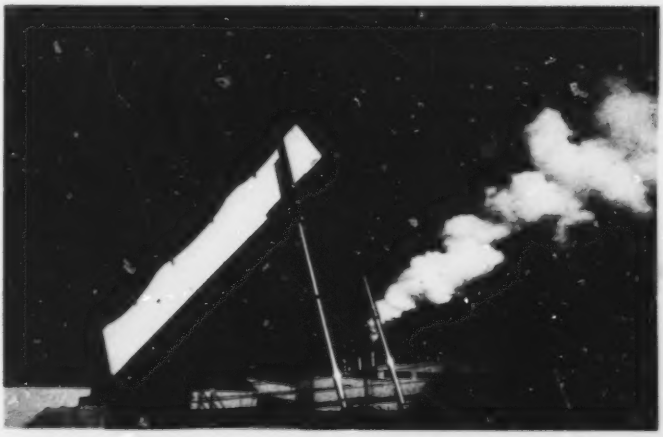
The product

Energex fuel is sold in pellet form. Its energy value is twice as high as that of the original biomass, comparable to that of coal. Almost totally non-polluting, this fuel provides highly efficient combustion:

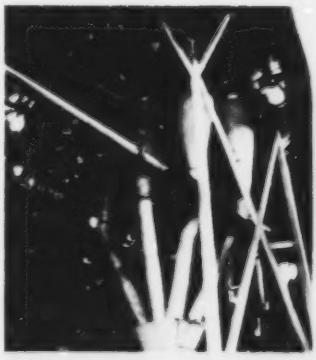
- caloric value: 19.075 kJ/kg
- density: 0.64 kg/dm^3
- water content: 7 % of mass
- ash content: 1.7 % of mass
- size: pellets 6.4 mm (diameter) by 10 mm (length)

Replacement of coal by Energex entails scarcely any conversion costs and requires no anti-pollution devices.

Lac-Mégantic plant



Loading



Cyclones

Substitution for oil or natural gas, however, requires modifications of the boiler or heating system.

The market

An Energex factory has been set up at Lac-Mégantic (Québec). This facility uses wood residues as its raw material. Energex is a proven product, with enormous potential on the international market. It offers a variety of advantages:

- production of a fuel using biomass, which is abundant in many countries, through a relatively simple process that creates jobs and requires little investment;
- reduction of oil, gas and coal imports;
- high energy value and highly efficient combustion without pollution (almost no sulfur, low particle emissions);
- solution to certain problems of waste elimination.

Burning pellets

Fournelle Energy Technologies Inc. *is a Montréal company specializing in the production of solar collectors. The Fournelle solar collector is an innovative multipurpose product that is particularly suited for medium- and high-temperature applications.*

The heat-pipe vacuum-tube photothermal conversion unit consists of a glass tube (180 cm long; 65 mm in diameter) in which a vacuum is maintained. Inside the tube, there is a selective absorber-plate surface (cobalt black on copper), pressed onto a heat pipe and designed for extracting the energy collected. At the end of the heat pipe is a condenser that acts as a heating element.

Solar energy penetrates the glass tube and is then absorbed by the black plate, where it is transformed into heat energy. This energy is transported by conduction to the heat pipe containing a phase-change liquid (water, for instance). The liquid is evapored by the heat; the vapor thus formed rises to the condenser, where the collected energy is recovered through a heat-exchanger block. Under the effect of gravity, the condensed liquid returns to the lower part of the heat pipe, where it evaporates again. The FET-361 collector is placed at an angle of not less than 20° from the horizontal so that the heat can move in only one direction.

In North America, Fournelle solar systems are replacing conventional water-heating systems for indoor swimming pools. In sunnier countries, the FET-361 solar collector can be used for medium- and high-temperature applications, such as deep-well water pumping, air-conditioning and refrigeration. The Fournelle system is also used for seawater desalination and water distillation.

Heat-pipe vacuum-tube solar collectors (FET-361) for heating the Scarborough Town Center (Ontario)

Heat-pipe vacuum-tube solar collectors (FET-361) for pumping water in Indonesia

For the Québec residential sector, Fournelle Energy Technologies markets a complete solar system for domestic water-heating. This is a user-assembled model.

Research and development

The FET research laboratory, a subsidiary of Fournelle Energy Technologies, was created in 1987. It provides scientific and technical support for manufacturing heat-pipe vacuum-tube solar collectors and carries on research and development in this particular area and in all solar technologies. The laboratory also has the task of developing complete energy systems.

The laboratory's work is geared not only to achieving the best cost/performance ratio for solar energy conversion systems, but also to improving their reliability. This work is pursued in cooperation with university research centers and international organizations such as the International Energy Agency. The primary objective of the FET research laboratory is innovation, so that Fournelle Energy Technologies will retain its position as the world's leading solar energy company.

***Pyrox Industries Inc.** has been involved in the design, development and manufacturing of waste treatment and energy recovery systems as well as in the manufacturing of industrial chimneys for the past 20 years.*

The technology

"Pyrotek" incinerators are designed according to a new dual-chamber combustion process based on controlled air. In the primary chamber, controlled air flow limits the air introduced, thus producing incomplete combustion of the wastes (starved-air or pyrolytic incineration). The effluents from the primary chamber, which contain various pyrolytic and oxidative compounds, are passed on to the secondary chamber through a turbulent mixing zone. The ignition and air intake necessary for complete oxidation are produced in this second chamber, while the noncombustible portion of the wastes and the carbonous residues remain in the primary chamber. Controlled air ensures complete combustion of the wastes, while the thermal oxidation of the pyrolytic vapors releases only harmless carbon dioxide and water vapor.

In addition, Pyrox Industries Inc. offers a variety of heat recovery equipment for each of its incinerator models. This equipment constitutes an ideal solution to the problems of waste disposal and energy costs. The heat recovery systems, which are integrated into the incinerator's modular equipment, are designed to meet user needs. Heat is recovered from the exhaust stream. One of the advantages of this system is that it is equipped with a specially designed boiler for waste off-stream gases, thus eliminating the need for major modifications to existing boilers. If the heat recovered is intermittent or insufficient, the heat-recovery boiler can be equipped with auxiliary heating. The overall thermal efficiency of the heat-recovery boiler is estimated at approximately 60 %.

Incinerator, with energy recovery system (Notre-Dame Hospital in Montréal)

The market

"Pyrotek" incinerators manufactured by Pyrox can be used to burn wastes from industries, institutions (schools, hospitals) or businesses. Their capacity ranges between 25 and 600 kg/h. Equipment for liquid-waste incineration can also be ordered; it complies with all regulations respecting air pollution. Given the ever-mounting cost of waste treatment and energy, Pyrox Industries Inc. expects to see growing demand for its recovery systems. The Pyrox firm operates in Québec and across Canada. It has recently installed an incinerator with a heat-recovery system at the Notre-Dame Hospital in Montréal.

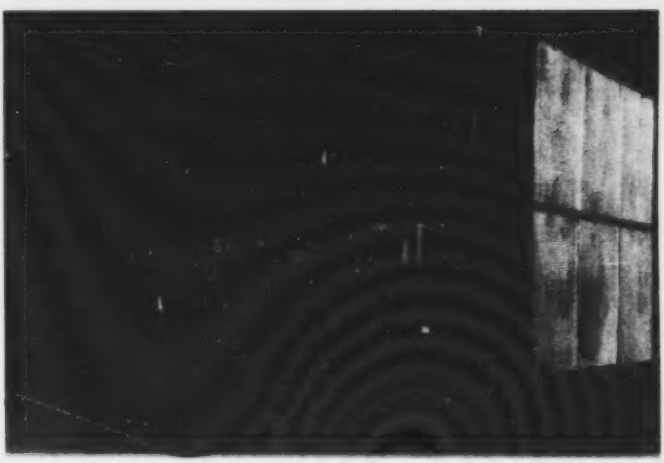
***Uraken** has specialized in the manufacture of industrial heat pumps since 1977. Although they were initially designed for wood-drying, these devices are now used for drying fish, leather and fruit and to dehumidify the air in indoor swimming pools.*

The technology

The Uraken dryer consists of a chamber for storing products to be dried and a mechanical room housing the heat pump. The pump removes the moist air from the chamber and forces it through a cold evaporator, which condenses the moisture, and a hot condenser, which increases the air temperature. The energy (heat) recovered by the mechanical refrigeration system during condensation is then transferred to the condenser, which uses it to heat the air. This warm, dry air is returned to the drying chamber and the cycle repeats itself. The heat pump thus works like a highly efficient dehumidifier: the hot dry air is ventilated onto the products to be dried and removes their humidity. The water condensed by the evaporator is evacuated outside the dryer, as with an air-conditioner. The product is dried by the same air, constantly recycled, at a temperature varying between 21° C and 71° C. This process is highly energy-efficient.

The same principle is applied in manufacturing indoor-pool dehumidifiers. The heat pump maintains indoor humidity at a confortable level while it heats the water in the pool through a supplementary co-axial heat exchanger and preheats the surrounding air. By this process, water temperature can be maintained at 26° C, air temperature at 27° C and relative humidity at 50 %, thereby eliminating any problems arising from excessive humidity (structural damage, environmental discomfort, etc.).

Uraken building



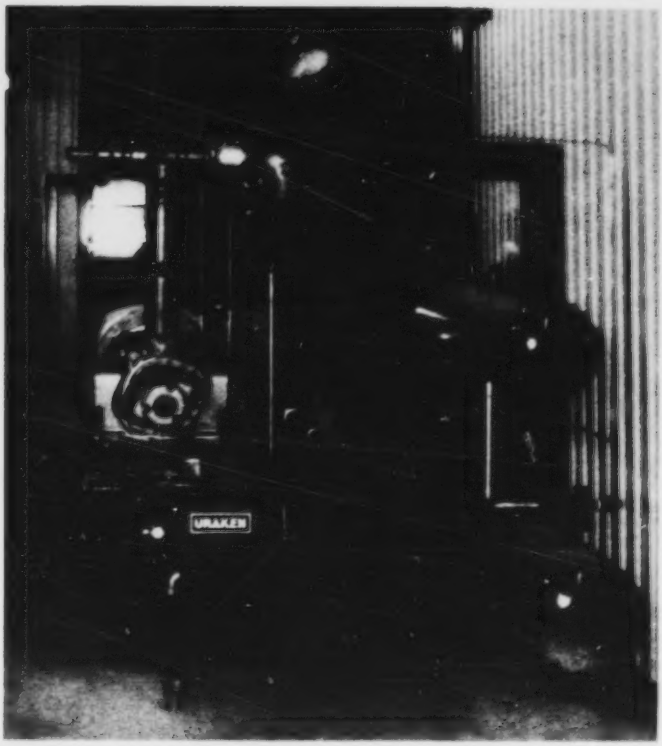
Wood dryer

The products

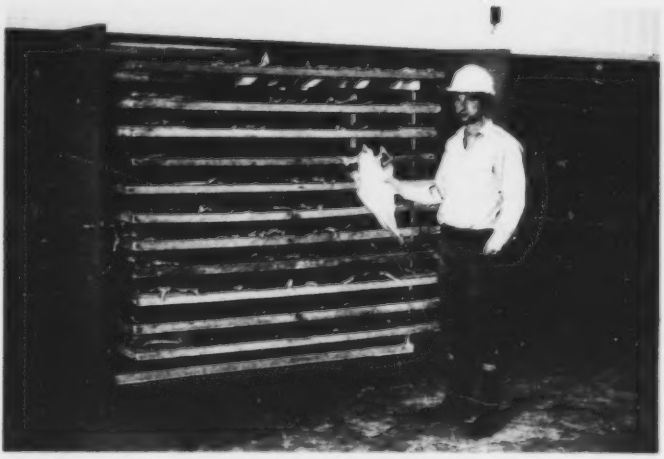
A wide range of dryers and dehumidifiers are now available, with power levels ranging from 5 to 350 HP and capable of extracting from 430 to 2,500 liters of water daily. The heat pump not only provides substantial energy savings compared to conventional dryers, it also reduces handling charges to a minimum. No specialized workers are needed since handling is very simple and requires only 15 minutes of work in the morning and the afternoon. Furthermore, the quality of the product to be dried, especially wood, is substantially improved by the circulation of low-temperature air.

The market

Uraken has constructed more than 500 dryers, most of them are wood-dryers operating in Canada and the United States. Uraken technology is available from distributors throughout North America.



Mechanical room



Drying

***The SNC Group** is a Québec-based firm of consulting engineers operating internationally in such diverse fields as mining, metallurgy, chemical products, the environment, telecommunications, buildings, water resources and energy. In this latter sector, the company is increasingly turning its attention to new energies and advanced technologies. It already has several important achievements to its credit.*

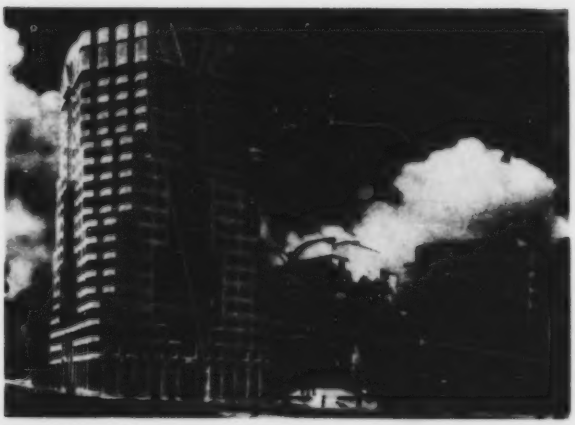
– Development and construction of the Biosyn gasifier, in Saint-Just-de-Bretenières (Québec), to produce synthesis gas from forest residues. This pilot project is the focal point of energy recovery from biomass in Québec.

– Construction of power plants producing steam by incineration, for the incinerators of Limoilou (Québec City) and des Carrières (Montréal). In the first plant, 200,000 tonnes of waste are treated annually and the steam is sold to a nearby pulp and paper mill. In Montréal, the steam travels through a network of pipes and is sold to twenty neighboring companies. The Montréal incinerator, which treats 300,000 tonnes of waste annually, has a capacity of 80 MW. The SNC Group has also produced draft projects related to energy production (steam and/or electricity) using all kinds of wastes.

– The SNC Group has conducted several studies also in connection with new energies:

- a study on energy uses for old tires, requested by the ministère de l'Environnement and the ministère de l'Énergie et des Ressources du Québec;
- a feasibility study on the use of renewable energies including biomass, and on the construction of hydroelectric micro-plants for two native villages in northern Québec;
- feasibility studies for solar energy projects.

SNC holds the exclusive marketing rights to a bioreactor developed jointly with the



La Maison SNC, the new head office

Offices

Mini-hydro plant

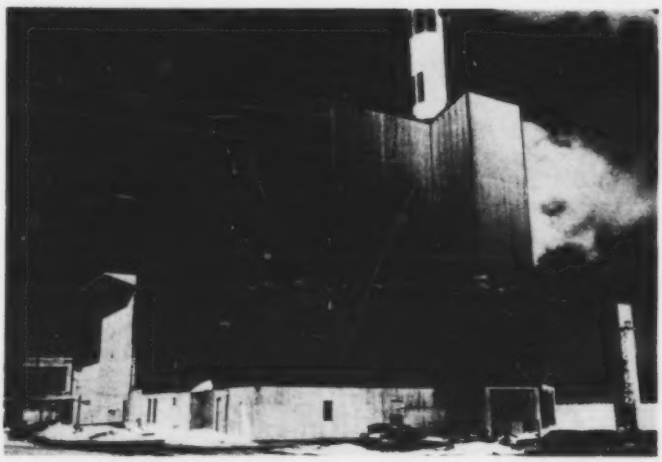
École Polytechnique de Montréal. By treating industrial effluents with high biomass content, this apparatus produces methane, which can then be used in heating equipment. Considered to be the most efficient bioreactor in its class, it can produce up to 20 m^3/day of methane for each m^3 of its capacity. It should be of interest especially to the food industry and the pulp and paper sector.

In association with the Campbell Group of Australia as co-owner of Enersludge Inc., SNC holds the marketing rights to a unique process for extracting oil contained in sludge from sewage treatments plants. This substance, which is similar to diesel oil, can be used as engine fuel. On the basis of current diesel prices, this process is two times less expensive than incineration.

– Lastly, the group has built six hydroelectric mini-plants in the United States and one in northern Québec; it has also worked on two other mini-plants to be built in Ontario.

The firm has recently undertaken studies on sites for small hydroelectric plants in Newfoundland, the Dominican Republic, Guatemala, Chile, Costa Rica and Peru.

Esparto grass storage



Québec incinerator

Biosyn gasifier

*Founded in 1977 and incorporated in 1983, the **Groupe conseil et de recherche en architecture, en construction et en énergie (Institut GRACE)** is a nonprofit organization dedicated to promoting energy efficiency and the use of renewable energies in all types of buildings.*

GRACE has bridged the gap between theoretical university research and the application of such research to buildings by the energy industry (architecture and construction). The institute specializes in consultation, applied research and technology transfers in all fields of application.

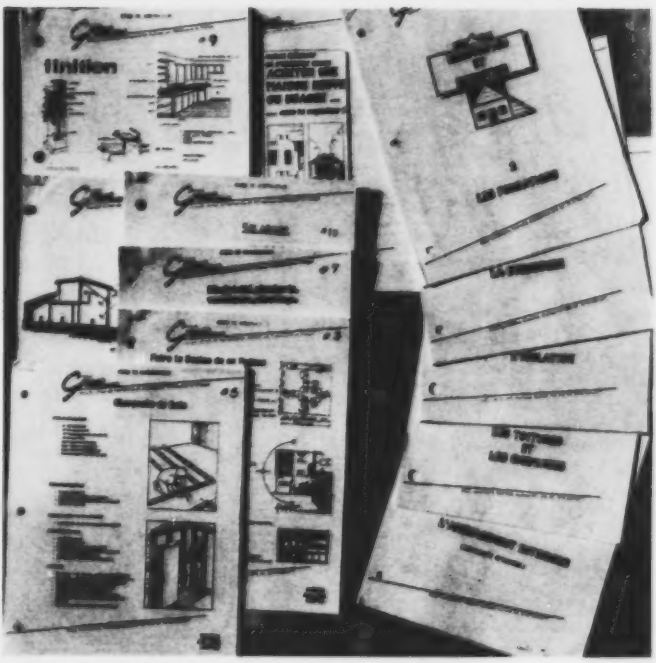
Applied research

GRACE's main interest is to develop buildings with superior energy efficiency. In Québec, the institute has become the standard-bearer for architectural research in passive solar energy in northern climates.

Engineers at the Institute are consulted by research organizations, governments, manufacturers (solariums, attached sun spaces, etc.) as well as by promoters, general contractors and individuals interested in buildings with high energy efficiency or with passive solar heating.

The Institute has developed a heat exchanger and recovery system that can dephase heat from separate sources, either the sun entering through windows or surplus heat from another source. This system, called Gemini, is very simple, inexpensive and applicable to all types of buildings. Thus far, it has been installed in a dozen buildings where it has proved highly effective.

The GRACE solarium, developed in cooperation with a Québec manufacturer, is highly economical thanks to its triangular shape. It has better



Support for technology transfers

The GRACE solarium, developed in 1984, has proven extremely versatile

heat retention and can be used in a wide variety of constructions.

Training and technology transfers

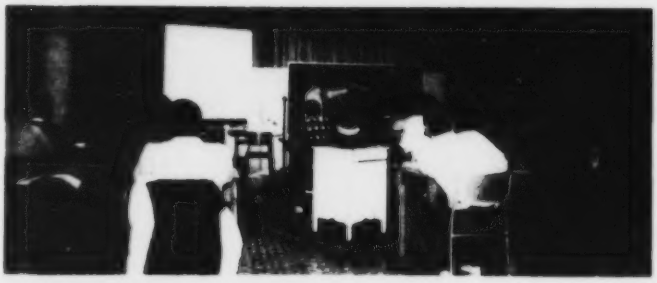
The Institute prepares and organizes, either singly or under contract, courses, workshops and seminars on technical training in conventional construction methods, new techniques in high-efficiency energy, passive solar energy or advanced technology, and new developments in research. Among GRACE's clients are builders' associations, governments and private industry.

Architectural design

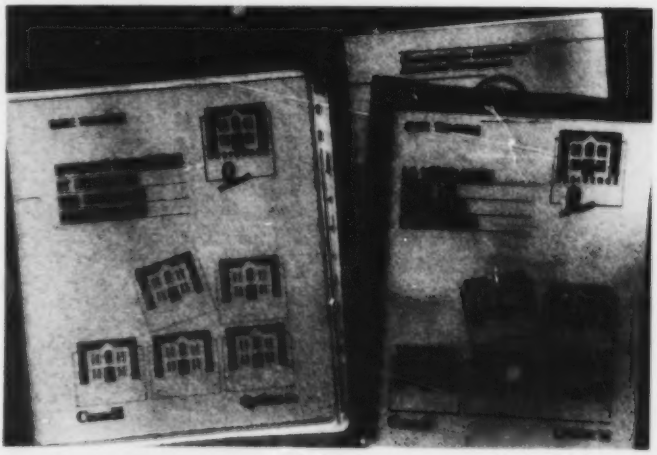
GRACE, in cooperation with the architectural firm Agence Christian Ouellet, has established a link between research and building construction. The theories developed by GRACE (solar input, high-energy-efficiency buildings, the Gemini system, etc.) are being put to the test in concrete applications of a totally new architectural design, emphasizing light and quality of life, in the projects executed by the architectural firm.

Consultation and expertise

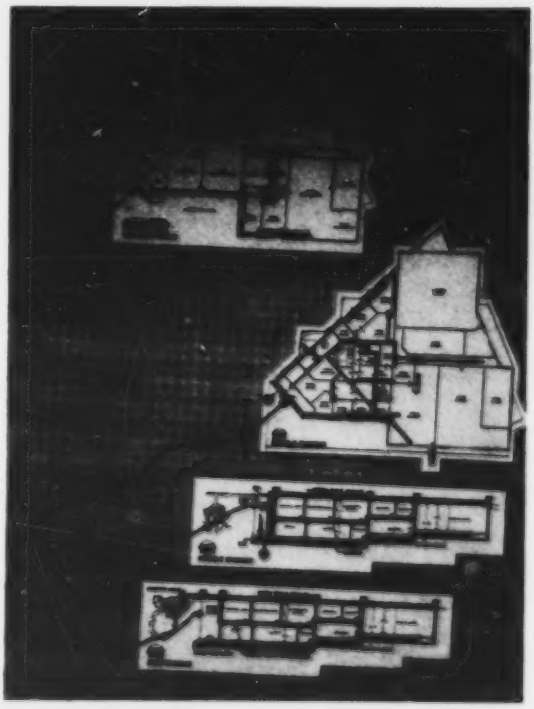
The Institute maintains, alone or in collaboration with the architectural firm, a service of consultation and expertise in high-efficiency energy for all types of buildings existing or yet to be designed. Consultants base their proposals on factors such as solar input, surplus energy sources, the environment and the quality of life of users, in addition to the ordinary functions of a building.



Training courses for technical staff



Technical documents prepared by GRACE



Plans for a service building equipped with a passive solar system

*Established in 1919, **Shawinigan Lavalin Inc.**, has earned an international reputation for the excellence of its engineering projects and for its innovative concepts in the field of new and conventional energies. In 1982, Shawinigan Lavalin Inc. became a member of the Lavalin Group, a Québec firm of consulting engineers which employs 7,000 people and ranks among the largest and most active in the world.*

Éole

In 1982, following a comparative study on wind turbine generators conducted by Shawinigan Lavalin Inc., the National Research Council of Canada and the Institut de recherche d'Hydro-Québec launched a joint project to build a mega wind turbine in the Cap-Chat region, some 425 km northeast of Quebec City.

This project to design, construct and evaluate the largest and most powerful vertical-axis wind turbine generator in the world also helped to confirm that a potential exists for exporting technology capable of transforming kinetic wind energy into electricity.

Measuring 110 m in height, with a capacity of 4 MW, the wind turbine drives a low-frequency synchronous AC generator by direct coupling. The facility also includes a static-frequency changer and a step-up transformer with a capacity of 6.5 MVA. The generator is linked to the Hydro-Québec system by a 69-kV line. The transmission train connecting the wind turbine to the generating plant basically includes a pivot, a bearing, a mechanical brake and a flexible coupling.

The wind turbine is controlled electrically by means of a static-frequency changer that regulates startup, electrical output and mechanical braking. Mechanical and aerodynamic brakes provide a complete safety system and prevent the rotor from overspeeding.

"Éole"

In May 1986, Hydro-Québec transferred ownership of the project to Shawinigan Lavalin Inc., which had been assigned the engineering work, construction management, commissioning and operation of the wind turbine.

On August 26 of the same year, LavalinTech, a division of Lavalin, whose role is to invest in research and development, purchased the "Éole" project. On September 26, 1987, the wind turbine began operating.

"Éole" at Cap-Chat

*The **Société d'Ingénierie Cartier Limitée** is a multidisplinary group affiliated with the Monenco Group and working in the area of peat energy. The Monenco Group has more than 30 peat-related projects to its credit.*

The Société d'Ingénierie Cartier Ltée offers a full range of services from consulting to project supervision. The firm has developed software for the International Development Research Council (IDRC) to locate peat bogs from data collected by teledetection satellites. With this method, the contour of peat bogs can be traced even when they are partially or completely covered by other materials (clay, etc.). This method has been applied in Senegal with 80 % accuracy.

In addition to profitability studies, technical and economic studies have been carried out for Hydro-Québec for the construction of thermal power plants (300 MW) in the Lac-Saint-Jean region. Other studies dealing with peat combustion have been conducted for a cement company and a pulp and paper plant in Québec.

Currently, the Société d'Ingénierie Cartier Limitée is involved in a number of projects outside Québec. In Sénégal, the firm has surveyed peat resources and conducted preliminary studies with a view to producing fuel briquettes to replace wood. In New Brunswick, it has conducted a study on a peat-fired power plant, and in Saskatchewan, it has built a peat-fired boiler for residential heating in a native village.

In the country of Burundi, also in Africa, the Monenco Group is currently conducting the necessary research for partial peat carbonization with a view to producing a charcoal substitute acceptable for domestic applications. Carbonization will be used to reduce smoke and odor emissions from raw peat combustion. The project includes the design and construction of carbonizing kilns.

Peat bog

Sample taking

The Monenco Group has also invested in the design and manufacture of a peat-slurry pump capable of handling all the rheological characteristics of peat. This design has enabled Monenco to develop an advanced methodology for wet mining.

The Monenco Group has taken an active part in biotechnological research that has lead to the production of ethanol and other by-products from all kinds of biomass, especially fast-growing vegetation.

The "IOTECH" process, developed jointly by the Montréal-based IOGEN company and the Monenco Group, separates biomass into its main constituents, that is cellulose, lignin and various nonhydrolyzable glucides (pentoses) by means of the enzymatic digestion process without using any chemical products commonly employed in other processes.

The very pure ethanol thereby produced can replace certain petroleum products used as fuel or enhance the octane level of commonly used fuels.

This enzymatic process makes it possible to use lignins to directly produce glue for manufacturing plywood or chipboard. This glue is currently made from petroleum products.

In addition, pentoses that have been removed from biomass fibers are used to produce feed for livestock.

The Monenco Group, of which the Société d'Ingénierie Cartier Limitée is a member, has also invested in the construction of a pilot plant that has demonstrated practical applications for this process. The plant is still operational and can be used, for instance, as a laboratory by any group that has biomass (wood, sugar cane, bagasse, corn stalks, etc.) or any other kind of fiber that could profitably be processed into an oil substitute.

Peat drying

Peat extraction by pumping slurry produced by applying high-pressure hydromonitor

*Founded in 1961, **Tecsult Inc.** is a major firm of consulting engineers whose distinguished record includes many important projects around the world, especially in the fields of hydroelectricity (installed power totalling 30,000 MW), thermal power generating stations, electrical systems, transportation, industrial and environmental facilities as well as large commercial and institutional complexes. The firm's specialists have also been very active in the fields of new energies and technologies.*

Ambient energy

- Heat pump using lake water to heat a group of buildings at Camp Saint-Donat (Québec). This heat pump, the first of its kind in Canada, operates with a very high outflow and a low temperature differential.
- Study of the potential market for water-air heat pumps for Québec, Ontario and the northeastern United States carried out for Nouveler.
- Installation of an air-water heat pump for space and water heating in the Henri-Bourassa office building (a surface of 4,000 m²) for the Gouvernement du Québec.

Solar energy

Study of a system using solar energy to regulate heat which has proved particularly useful for greenhouses. If necessary, the double glass or fiberglass panels can be quickly insulated by injecting between the transparent plates a foam made with a special soap solution, which is regenerated and recirculated by a fan. This reusable foam contains a product that prevents deposits from forming on the glass. If necessary, there is a second system using circulating water to raise the level of energy absorption. Solar energy is collected by a thin trickle of water that circulates on the lower plate of the panels before being stored in a tank, which releases heat during the night.

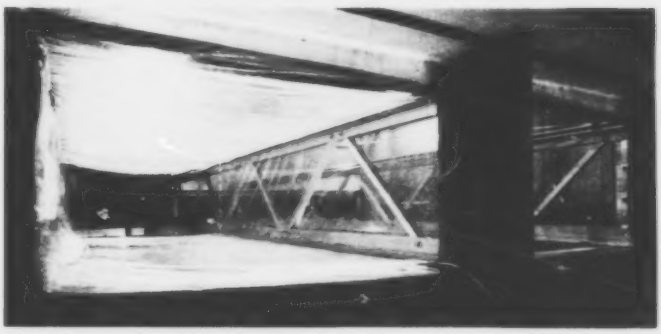
Wind turbine

Evaluation of the market and the industrial development potential for the manufacture of low-power wind turbines in Québec.

Biomass

- Agroeconomic study of cassava and banana cultivation for an alcohol-fuel processing plant with a 50-million-liter capacity (at 95 %) in Costa Rica.

Tecsult building



Solar thermal regulation

The Henri-Bourassa building

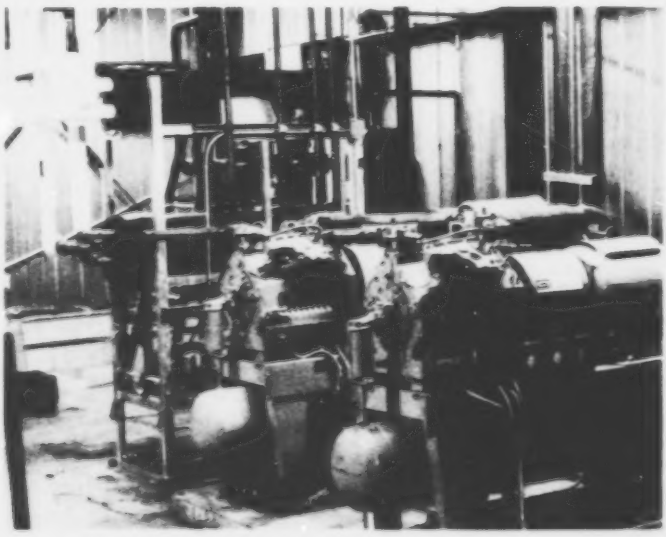
- Detailed draft study for the construction of a thermoelectric generating station supplied by the residues from a sawmill in Parent (Québec).
- Survey of existing peat bogs on Anticosti Island and the Basse-Côte-Nord with a view to producing electrical energy (with gasifiers) for Hydro-Québec.
- Two surveys carried out for the Société d'énergie de la Baie James and the Centre de recherches forestières des Laurentides respectively in order to determine the energy available in a stand of black spruce.
- Construction of a boiler plant in Abitibi with a capacity of 13,000 kg/h steam, using wood residues (bark) as fuel.
- Construction of a wood processing plant and a boiler plant using sawdust as fuel (18,000 kg/h of steam).
- Study on recovering energy from waste products and operational analysis for Montréal's Olympic Stadium.
- Study on supply and demand for firewood for the native communities of Eastmain, Wemindji, Fort-Rupert and Chisasibi.
- Analysis of non-conventional energies such as wood gasification and wind turbines and financial analysis to evaluate the optimal combination of energy sources for domestic heating in Eastmain, Wemindji and Fort-Rupert.

Other projects in Canada

- Study of a pilot project for drying paper with infrared rays, for the Institut de recherche d'Hydro-Québec (IREQ).
- Study on connecting Saint-Hubert Plaza to the steam network of the Incinérateur des Carrières (Montréal).
- Study of institutional constraints involved in introducing a program for developing non-conventional energy sources in isolated communities in Québec.
- Study on energy conservation measures and substitute energies in various transportation sectors, for Transport Canada.
- Study on propane as a fuel for road vehicles in Québec, describing the network, defining the target market and determining its potential from 1980 to 1990, for the ministère des Transports du Québec.
- Study on vehicle conversion to compressed natural gas for Gaz Métropolitain, in Québec.

Foreign markets

- Energy planning based on the current situation in each sector, including energy conservation, new energies and firewood, in Mali.
- Feasibility study for the creation of hydroelectric mini-stations generating 100 kW to 5 MW, in Indonesia.
- Construction project for five hydroelectric mini-stations generating 140 kW to 2 MW, in Gabon.
- Study on 20 hydroelectric micro-stations, in Malaysia.



The Henri-Bourassa building heat pump

Biothermica International Inc. *is a multidisciplinary high-technology corporation specializing in the design and application of urban waste and biomass recycling and management projects as well as in gas scrubbing.*

The experience acquired by the corporation and its affiliates includes accomplishments that are unique in their field from the standpoint of their technical complexity.

Biomass gasification

Among the corporation's major achievements is the operation of a biomass gasification plant in the Québec City region (the Biosyn project). It was in connection with this project that the technology of pressurized fluidized-bed biomass gasification was demonstrated for the first time. Besides, Biothermica has developed a high-efficiency biomass-gas scrubbing system for removing particulates and condensable tars.

Recovery of biogas from sanitary landfills

In the area of urban waste, Biothermica entered into partnership with the American company SCS Engineers to offer a range of services in sanitary landfill management and the recovery of biogas produced in those sites by anaerobic digestion. In a joint venture with Désourdy, Biothermica is conducting a study of the economic feasibility of biogas recovery at various sanitary landfills in Québec and, particularly, at the former Miron quarry in Montréal.

Gaz scrubbing

The Biothermica corporation has recently drawn up an inventory of the main gas-scrubbing and desulfurization techniques for the Government of Canada. A recent agreement with a European corporation will also provide Biothermica with unique expertise in the area of gas-scrubbing systems for household waste incineration plants.

Fluidized-bed biomass gasification plant, 10 t/h (Québec)

Diversified experience

In ten years, the Biothermica corporation and its partners have developed expertise in the recovery of energy and chemicals from biomass and municipal wastes, as evidenced by the following list of studies the firm has completed:

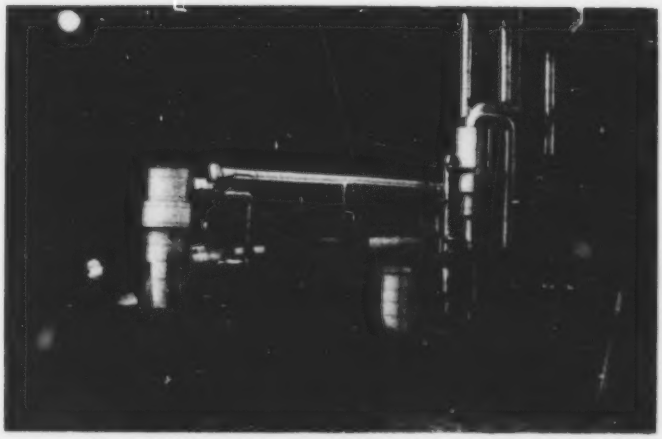
- feasibility study on small biomass-fired power plants to produce heat and electricity, and comparative analyses of various energy sources;
- feasibility study on an energy cogeneration plant powered by wood residues;
- study on the use of wood pellets to fire boilers;
- study for the selection of processes for scrubbing biogas from sanitary landfills;
- qualitative and quantitative analysis of the biogas generated by sanitary landfills.

The experience acquired by the firm covers the following fields:

- design of plants to recover energy from wastes;
- design of systems to treat gas produced by gasification, incineration, combustion and anaerobic digestion of wastes;
- research and development of innovative processes in the areas of high-temperature gas scrubbing and fluidized-bed gasification;
- startup, commissioning and operation of energy plants and gas treatment plants;
- feasibility studies.

In the particular field of biogas processing, Biothermica offers its clients the following services:

- design of biogas processing plants;
- description of biogas and identification of the optimum recovery system;
- environmental impact studies and identification of the possible future uses of sanitary landfills;
- odor control.



Demonstration plant for combined tar and particulate removal from low-BTU gas (Québec)

Montréal sanitary landfill – Installation of biogas extraction well for pumping tests

*The **Canada Magnetic Fusion Centre** was created on March 29, 1988. This new center is a non-profit organization that will be financed by the governments of Québec and Canada. It is estimated that the center's operations will require an annual budget of 10 to 15 million dollars.*

The new center will operate the tokamak, a research and development facility for fusion by magnetic confinement developed and built at the cost of 60 million dollars by the Québec and Canadian governments together with the National Research Council of Canada (NRCC). This reactor is situated at the Institut de recherche d'Hydro-Québec, in Varennes, on the south shore of Montréal.

The staff of the Canada Magnetic Fusion Centre consists of some 75 people delegated by the founding institutions (Hydro-Québec, Atomic Energy of Canada Limited, and the Institut National de Recherche Scientifique), the companies Les Technologies MPB Inc. and Canatom Inc., as well as by the Université de Montréal. These researchers are pursuing one of the most important scientific research programs now under way in Canada.

A team of scientists from the CMFC has been specifically assigned to operate the tokamak to produce high-temperature hydrogen plasmas on a regular basis.

Operating the tokamak

A group of scientists, engineers and technicians at the CMFC has the specific task of operating the tokamak to produce high-temperature hydrogen plasmas on a regular basis. The parameters of these plasmas discharges must be adjustable in order to meet research needs and the development requirements of different scientific diagnoses.

The reactor is controlled by a computer system equipped with direct-access interfaces using touch screens. All signals are transmitted to the tokamak's subsystems by fiber-optic links and CAMAC interfaces.

The plasmas currently being produced have the following characteristics: a one-second pulse duration and currents capable of reaching 200 kA.

This team has been assigned the task of establishing the characteristics that by 1992 will make it possible to achieve pulses for a quasi-continuous (and continuous) duration of up to 30 seconds.

Scientific diagnoses

More than twenty scientific diagnoses designed to measure the parameters of the plasma have been developed and installed by another team of researchers and technicians at the center.

The high temperatures associated with tokamak plasmas call for the use of indirect measuring techniques, such as influences of plasma on probing beams and the measuring of electromagnetic plasma emissions. As a result, the diagnoses used to measure the parameters of the plasma are highly specialized and rely on the most up-to-date technologies: optics, lasers, X-ray tomography, visible infrared and ultra-violet spectrometry, X-ray spectroscopy, mass spectrometry, surface analysis, etc. All the equipment is remote-controlled and the data are collected, transferred and analyzed by computer systems in conformity with the CAMAC norms.

The CMFC also expects to welcome scientists from other institutions who could suggest studies involving the use of the center's facilities or their own participation in the center's current scientific activities.

Engineering

A team of specialists has been assigned to design improvements for the tokamak, such as the changes required to extend pulses and transmit plasma currents by radio-frequency waves.

Although this team is at present relatively small, it could grow rapidly as a result of agreements in progress and transfers of experts from Hydro-Québec, Canatom and some of the largest Canadian engineering firms.

Computer science

Logical control and interface operator software programs have been developed by the center's computer science team. Most of the data provided by the diagnoses are collected by a system consisting of three computers (PDP 11/44, Micro PDP 11/73 and VAX 11/780). The acquisition software and graphics used by the physicists were also developed in-house.

In order to respond to increased data collection, a MicroVax computer network will gradually assume the tasks of data acquisition and processing.

Commercial software will also be used to manage graphics and data in order to increase the productivity of the group responsible for software development.

Basic research

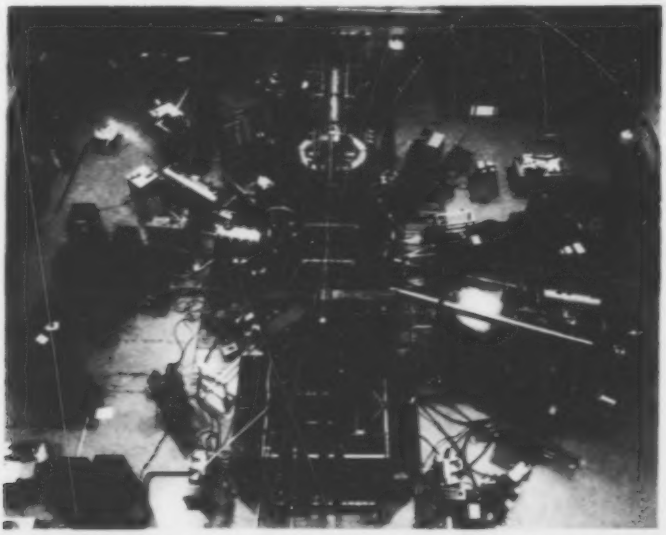
A group of scientists at the CMFC is assigned to basic plasma research, simulation and the general interpretation of the data collected from experiments on the tokamak. Close cooperation has been established with similar groups in the United States, Europe and Japan.

The group is also taking part in preliminary studies with a view to building a world-class fusion research reactor, the ITER project. This collaboration will focus particularly on the control of impurities, the physics of magnetic divergers and other subjects of common interest.

Technology transfers

Much of the equipment purchased during the construction of the tokamak was unique and had been constructed to strict specifications. The engineering team has often worked in close cooperation with suppliers to perfect these new technologies. In many cases, the experience thus acquired is now being exploited commercially. Among the specific areas of expertise thus developed are the following: modification and control of electrical supply systems; vacuum chambers (detection of leaks, pumping systems, welding and electrical insulation); copper coils (complex geometry, thermal constraints and analysis, electrical extrusion and insulation); complex assembly (geometry, tolerances and electrical insulation); semi-conductor plasma startup switch; non-magnetic structures (welding and thermal treatment); data acquisition (volume, speed, processing, graphic display and linkage by fiber-optics); management of scientific development.

Placing a scientific diagnosis on the tokamak



The Varennes tokamak produced its first plasma on March 25, 1987, at 6:59

*The **Centre de recherche en sylvichimie de l'Outaouais (CRSO)** was created in 1984 to design, develop and refine technologies to recover forest biomass for energy production and technical uses.*

Thanks to the acquisition from the International Paper Company (IPC) of its Gatineau alcohol plant with an annual capacity of 30 million liters, the CRSO owns modern laboratories completely equipped for chemical analysis and a distillery enabling it to produce large quantities of ethanol. The CRSO is destined to become the major Canadian research laboratory specializing in the development of technologies for the fermentation and production of ethanol from forest biomass, urban wastes, pulp and paper mill effluents, and crude alcohol from the fermentation of molasses and grain.

Yeast centrifuge

The CRSO groups participants from governments, universities and private firms: Société d'aménagement de l'Outaouais, IPC, Tembec, Biothermica International, Biospectrum International Inc., Ottawa University, Ville de Gatineau, Collège de l'Outaouais, Marga Chemicals Inc.

The CRSO's technological development plan centers on three major fields of endeavor:

- technico-economic feasibility studies aimed at the development and refinement of new technologies to process forest and urban wastes into high-value-added chemical products;
- scaling-up of processes already tested in the laboratory, particularly in the areas of hydrolysis (acidic or enzymatic) of biomass and fermentation of various substrates;
- contribution to technology transfers among industrial companies.

The chemical recovery of biomass and its main constituents (lignin, cellulose and hemicellulose) could lead to the economical production of a range of high value-added products such as ethanol, xylitol, furfural, vanillin, glycol, butanol, etc. The CRSO has conducted market studies for these various products and intends to relaunch production of ethanol at its plant. The main projects in which the CRSO is involved are the following:

- study of the manufacturing and distribution of ethanol fuel at the Gatineau plant;
- review of the main processes for acidic hydrolysis of lignocellulosic materials;

Experimental fermentation tank

- technico-economic analysis of ethanol production from sulfite waste liquors from the Tembec plant, in Témiscamingue;
- development and refinement of a nitric acid hydrolysis process; this half-million-dollar project is financed jointly by Energy, Mines and Resources Canada (EMR), the ministère de l'Énergie et des Ressources du Québec, Tembec and the CRSO;
- ethanol and xylitol production project with the sulfite waste liquors from Tembec using a fixed-cell reactor and adapted microorganisms (scytalidium aciduphilum);
- project to relaunch an alcohol-production plant in the Outaouais region and preparation of a demonstration program for the use of alcohol as an energy source in Ottawa.

Finally, the CRSO has recently acquired an interest in a private company, Biospectrum International Inc., which will be assigned the task of marketing the technologies developed by the Center in Canada and abroad.

Device to measure the sugar produced from wood residues

Control panel of an ethanol distillery

Created in 1969 to support and encourage technological development in Québec industries, the ***Centre de recherche industrielle du Québec*** *offers companies various services involving industrial and technological information, technology transfers and technological assistance. The center also conducts research and development projects involving various products and manufacturing processes.*

Among the ***CRIQ's*** *many technological accomplishments, a certain number are in the field of new technologies and energies.*

• *Heat pumps using refrigerant mixtures*

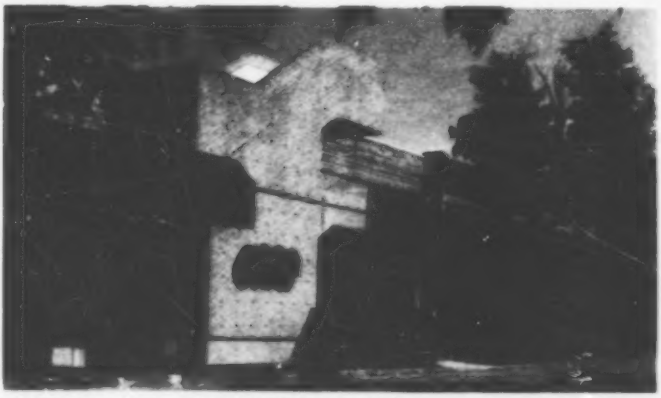
The CRIQ is presently working on an important research project designed to improve the performance of heat pumps by using non-azeotropic refrigerant mixtures. This project, supported by the ministère de l'Énergie et des Ressources du Québec, has enabled the CRIQ to develop unique expertise and become a major player in this area. This expertise is also being applied to research on substitute refrigerants that are non-hazardous to the environment.

• *Air-to-air heat exchangers*

Air-to-air heat exchangers recover thermal energy from stale-air outflow and use it to heat fresh air. The CRIQ has performed numerous tests on air-to-air exchangers usable in the residential sector. A specialized test bed also has been built to perform full-scale tests on commercial-and industrial-sized air-to-air exchangers. This installation was used to develop a new type of exchanger, the remote heat pipe, which transfers thermal energy between two air ducts physically separated by a phase-change fluid.

• *Wood-heating device*

The CRIQ has developed state-of-the-art expertise in the design and testing of wood-heating devices. Numerous tests have been performed on a wide range of heating devices. One important project has led to the development of a tri-energy appliance that runs on electricity, wood, and densified biomass pellets. A research program is under way to identify cleaner combustion technologies.



Centre de recherche industrielle du Québec (CRIQ)

Heat pump using refrigerant mixtures

• *Producing ice at sea*

Seawater desalination equipment runs on the thermal energy generated by fishing-boat engines. The fresh water thereby produced is converted into ice by a heat pump and is then used to conserve fish. Fishermen can leave port with a lighter cargo and remain at sea for longer periods.

• *Fabrikaglace"*

The CRIQ has developed a unique system that uses the winter cold to air-condition buildings in the summer... using a huge block of ice. In winter, outside air is forced into a tightly insulated enclo-

Air-to-air heat exchanger

Wood-heating device

sure where water is vaporized. Upon contact with the cold air, the water freezes and slowly forms a veritable iceberg. In summer, the air from the buildings to be air-conditioned is cooled through a system of ice-cold water produced by thermal exchange with the block of ice.

• *Industrial heat pump*

The CRIQ has completed a feasibility study concerning recycling of thermal wastes at the Agrinove plant in Sainte-Claire-de-Dorchester. The study has shown that the condensate from milk evaporators is a suitable energy source for preheating the water supply for boilers. The proposed system comprises a heat exchanger and an industrial heat pump that can recover more than 600 kW. A program set up after the pump was installed, to measure its efficiency, has confirmed the expected level of thermal recovery.

"Fabrikaglace"

Industrial heat pump

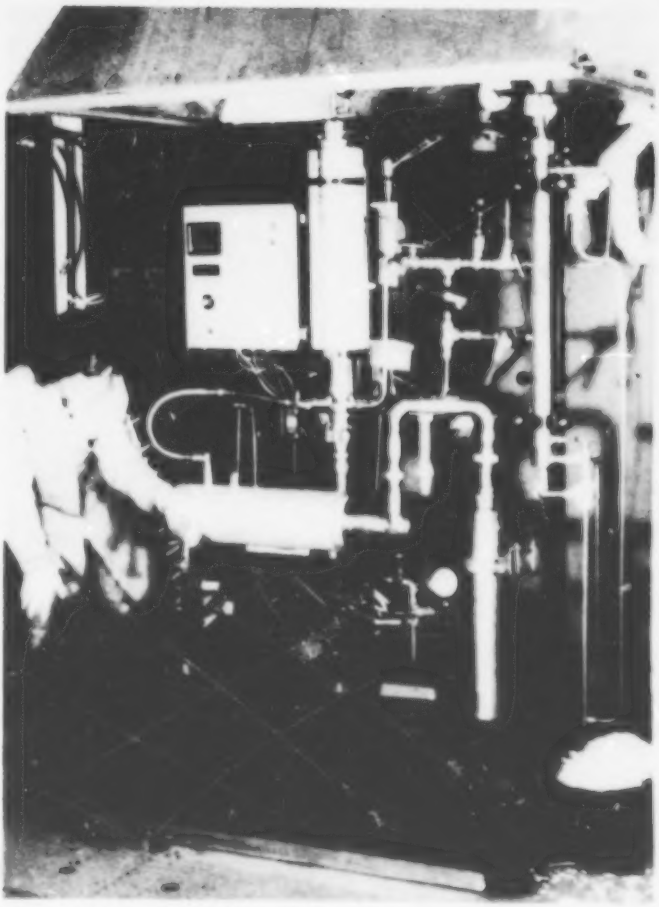
*The **Centre québécois de valorisation de la biomasse** is a Québec government corporation whose task is to promote research and development in the use of biomass as a raw material for the production of commercial goods.*

Mindful of the rapid expansion in biotechnologies, the Centre québécois de valorisation de la biomasse concentrates on biological and biotechnological recycling processes, as complements of conventional methods for using biomass, such as combustion.

These processes can be used to produce high-value-added goods from biomass, whether agricultural (plant and animal wastes), forest (trees and forest residues) or aquatic (algae, fish), as well as from peat and industrial and domestic organic wastes. Among the products with significant market value are food for animals and people, mushrooms, fine chemicals, pharmaceuticals, and commodities such as alcohol, solvents, gases and oils.

Mandated to foster biomass-related activities, the CQVB finances scale-up projects in process development, applied research and technicoeconomic studies. It scouts the most promising research projects in government, university or industrial research centers and encourages the widest possible use of biological and biotechnological recycling processes in industry. The CQVB strongly encourages technology transfers between universities and industrial centers. The center has neither its own laboratory nor its own research team, preferring instead to work in association with companies and universities that are active in the field.

The following are a few examples of cooperative research and development agreements entered into by the CQVB:



Minivaporizer used to treat lignocellulosic biomass

- with the Université de Sherbrooke, for work on processes to recycle lignocellulosic materials and natural macromolecules;
- with Université Laval, for work on the fermentation of solids and on mushroom production;
- with the Entreprises Premier CDN company, for the production of biological substrates from peat;
- with the École Polytechnique de Montréal, for work in applied microbiology and in process and systems engineering.

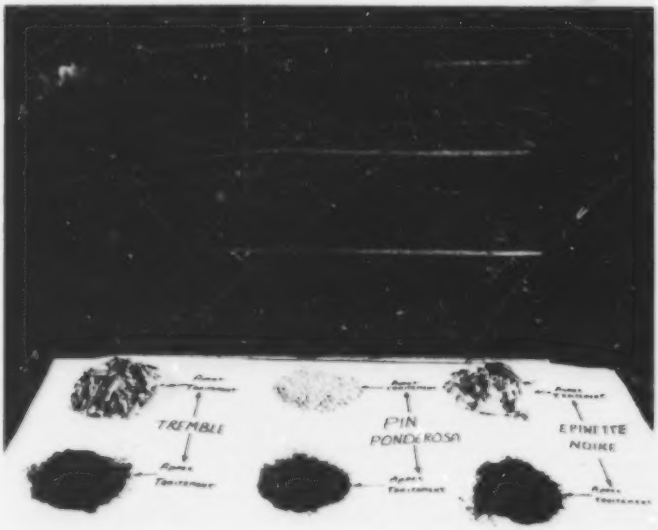
Other research and development agreements are planned, particularly in the fields of biopolymers, biopesticides and biological filtration.

Between 1988 and 1991, the center's budget for the research and development support program will total 10 million dollars, with approximately 20 percent coming from financial partners. The CQVB attaches considerable importance to the involvement of industrial partners in its projects.

An active presence

The center assesses the competitive potential of new processes and products to determine whether they fulfil market needs. Innovation and economic viability are the qualities that the center considers in deciding whether to promote a project among its industrial and university partners.

The development of biotechnologies applied to biomass is opening new possibilities for the greater benefit of society as a whole.



Biomass treated by a vapor-explosion process (before and after treatment)

Peat - a biomass for recycling

*The **Conseil de l'industrie de l'hydrogène (CIH)** was created in 1982 to represent the hydrogen industry, promote research and development for the production, storage, transportation and use of hydrogen as well as to support projects for the use of hydrogen likely to generate significant economic spinoff.*

A world-class organization

Founded in Québec, this organization, now operating internationally, brings together representatives from six provincial governments, including Québec, from the federal government, from research centers, from consulting-engineering firms and from a number of major industrial establishments (Canadian Liquid Air Ltd., CIL, Canadian National, Hydro-Québec, Gaz Métropolitain, Lavalin, Ontario Hydro, Quénord, etc.). In all, the CIH includes some 50 members involved in various activities, all interested in playing an active role in this rapidly expanding field, the hydrogen industry.

To fully accomplish its role as a project-initiator, the Conseil de l'industrie de l'hydrogène operates simultaneously on three fronts:

- it coordinates and stimulates research so that each of its actions will benefit the greatest number of its members, and it undertakes projects that are both national and international in scope;
- it is building an international reputation as a source for technological and commercial information on hydrogen;
- it works to pool together scientific expertise and financial resources and it explores business opportunities.

Varennes electrolyzer

Energy for the future

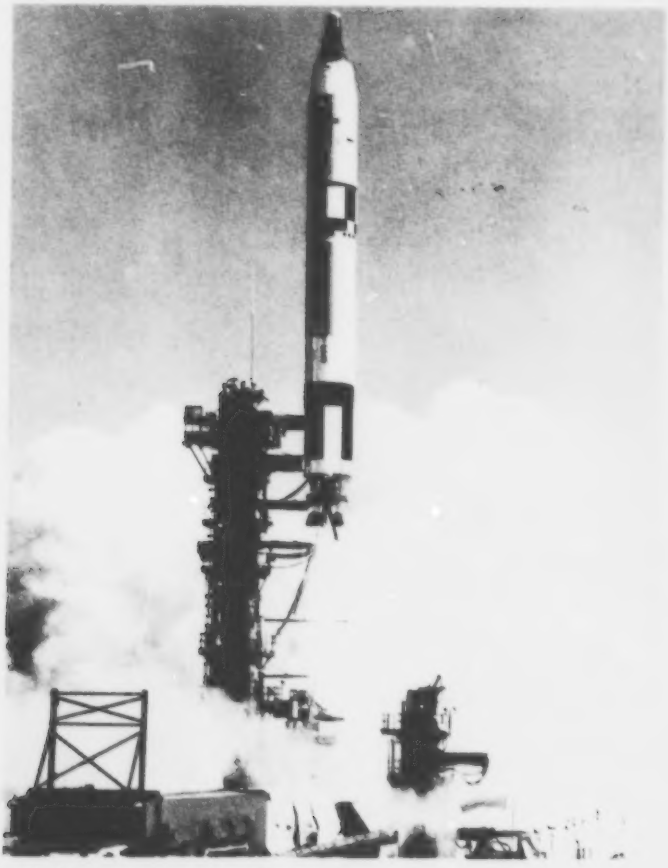
Hydrogen could replace oil in many of its applications, but it will take many decades before the necessary infrastructures are completely developed, all the way from production to the use of hydrogen. However, the stage is set for immediate development of hydrogen for industrial uses. It is already in use in heavy-oil recycling, petrochemicals, chemical products, food processing and manufacturing of electronic components.

At present, hydrogen is almost always extracted from natural gas through vapor reforming. But there is another production process that uses electricity to extract hydrogen from water: electrolysis. This highly promising process sets Québec in a strategic position in the field of hydrogen. Québec boasts abundant hydroelectric resources, a well-developed research infrastructure and expertise in advanced technologies. The Varennes experimental electrolyzer (1.2 MW) is currently the most efficient

in the world. Québec already has all the assets needed to produce electrolytic hydrogen competitively.

Through its active involvement in the industrial sector, the CIH has already laid the groundwork for a liquid hydrogen plant, which would be modeled after the Varennes electrolyzer. Other industrial projects are already under way. For example, a hydrogen peroxide plant is under construction in Bécancour and a second liquid hydrogen plant has been announced for Magog.

Hydrogen-powered mining vehicle



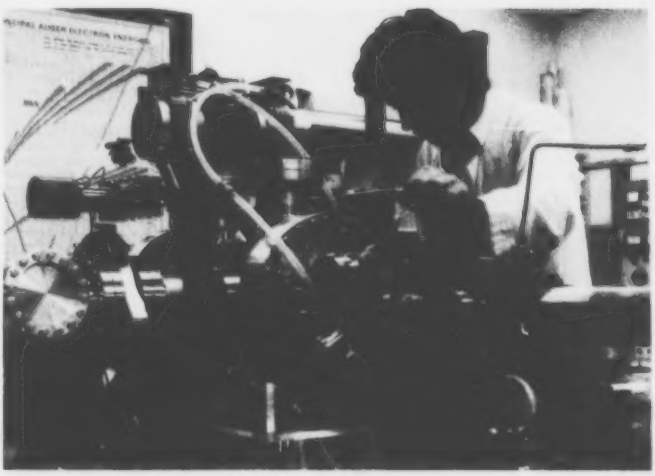
Hydrogen-powered rocket (Gemini)

***INRS-Énergie** is a university research center renowned for the quality of its work on thermonuclear fusion, solar energy, and energy-related materials. Created in 1970, at Varennes, INRS-Énergie has a scientific staff of 75, more than 25 of whom hold a Ph.D. The Institute also offers master's and doctoral programs to students wishing to acquire solid training in the energy sector.*

Fusion

Controlled thermonuclear fusion of hydrogen isotopes is one of the newest and most promising ways of producing electricity and heat. Abundant fuel supplies (water), operational safety and the near absence of environmental impact are the principal reasons why the industrialized countries have become interested in this process. Two main approaches are being considered in developing this energy source, namely magnetic confinement and inertial plasma confinement.

Laser-matter interaction chamber



Auger analysis of the walls of the tokamak reactor

INRS-Énergie is collaborating closely on the tokamak project under the leadership of the Canada Magnetic Fusion Centre (CMFC), which is a joint venture of Hydro-Québec, Atomic Energy of Canada Limited (AECL) and the Institut national de la recherche scientifique (INRS). This is a major scientific project, the most important of its kind undertaken in Québec. Its goal is the experimental study of the magnetic confinement technique for plasma as a means of "bottling" this ionized gas. To attain the conditions of ignition, the plasma is confined in a toroidal chamber by a magnetic field measuring several tens of kilogausses, heated to temperatures of the order of 100 million degrees Celsius, and maintained in those extreme conditions for a period of approximatively one second. Such a process presents major challenges both in producing and maintaining such conditions and regarding the materials that surround the equipment. INRS-Énergie is taking an active part in every facet of this ambitious research and development project. Training of researchers, research on the development and operation of the techniques to diagnose plasma, theoretical and experimental studies of its dynamics, preparation of protective coatings capable of resisting in such an environment are and will remain the principal concerns of INRS-Énergie and its partners.

INRS-Énergie has likewise built up an enviable reputation in the technology of thermonuclear fusion by inertial confinement based on laser-matter interaction (laser beams targeted on matter). Under this approach, the fuel must be compressed to over 100 billion atmospheres and then heated to temperatures of some 100 million degrees Celsius for a few billionths of a second. To attain this result, the fuel is placed in the center of a spherical shell that is then bombarded on all sides by several laser beams, each of them providing an instantaneous burst of power of some 100 billion watts. Equipped with experimental facilities that are unique in Canada, the INRS-Énergie team has acquired expertise and knowledge enabling researchers to concentrate their efforts on the physics of plasmas subjected to high densities of laser power and in particular by their X-ray emissions. The team is also pursuing theoretical and experimental work on high density lithography, X-ray microscopy and the fine characterization of surfaces.

Solar energy: the other fusion

Solar radiation produced by fusion reactions in the sun constitutes an abundant and inexhaustible source of thermal, chemical and electrical energy.

INRS-Énergie, in collaboration with various university, industrial or government partners, has accepted the challenge of transforming and storing solar energy and making it competitive with conventional energies.

INRS-Énergie is primarily interested in developing and testing thermal energy collectors and management systems designed especially for residential water-heating and industrial processes.

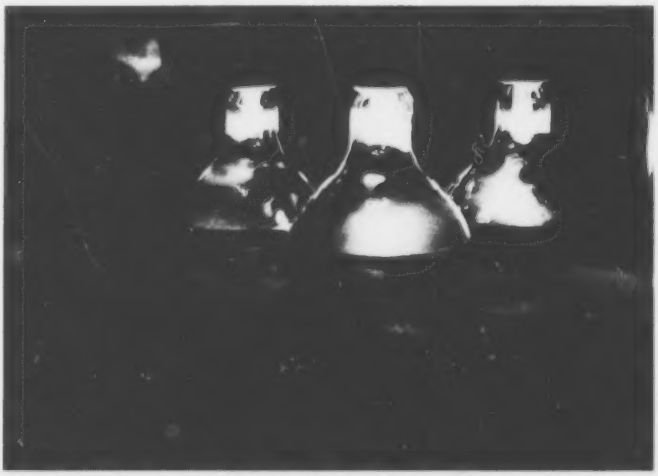
Through these projects INRS-Énergie has earned recognition as a center of excellence at the service of Canadian manufacturers.

Moreover, the Institute is pursuing various research and development projects concerning thermochemical heat pumps. This equipment is capable of storing high-density energy without any significant loss and of producing cold and heat. Developing this technology will help to broaden the range of applications for thermal solar energy despite its sporadic nature, to refrigeration and to high-temperature, high-efficiency applications.

Researchers are also working to develop innovative methods of producing photovoltaic cells capable of directly transforming solar energy into electricity. They are attempting to develop a process for producing gallium arsenide films on germanium substrates in order to produce large cells with a transformation efficiency greater than 20 %.

Researchers are also working to optimize the operation of high-density storage cells in extreme weather conditions encountered in northern regions so as to ensure optimum management of the electric energy produced by those cells.

Other research projects focus on developing organic electrophotochromic products. These



Thermal shocks on solar collectors

Thermodynamics of the conductor medium in lithium storage cells

materials, whose opaqueness can be controlled at will by applying low voltage, could make it possible to develop "intelligent" windows to control lighting and solar intake in buildings. Numerous materials have already been synthesized, and efforts are now concentrated on developing simple techniques for producing wide-surface films and carrying tests aimed at demonstrating their potential applications.

Projects in energy analysis are also under way. Initially set up to help evaluate the research work undertaken at INRS-Énergie, these projects quickly led to the preparation of a general model to analyze Québec's energy consumption. Among the problems being addressed by researchers is the impact the penetration of new technologies and electricity exchanges with the northeastern United States will have on Québec's energy consumption.

Finally, mindful of the importance of materials in the development of energy technologies, INRS-Énergie has formed a materials-research group that provides valuable support to the various research projects of the Institute. This team is primarily concerned with the study of surface and interfacial phenomena. A great many of the properties of materials, such as optical or electrical characteristics, hardness or resistance to wear, are dependent upon the characteristics of such transitional areas.

Sublimation of organic semi-conductor materials

*Created in 1961, the **Brace Research Institute** is one of the true pioneers in the area of new energies and adapted technologies. Its initial mission was to offer its expertise in all seawater-desalinization processes, particularly in developing countries. Its role has since expanded to cover a number of energy technologies adapted to local resources.*

The Institute has worked in a considerable number of developing countries. It offers many services ranging from consulting to project supervision in all sectors of solar and wind energy, biomass or heat pumps. The Institute has not developed a specific, all-encompassing technology, but instead has worked on many technologies adapted to particular cases. The criteria generally underlying product development are simplicity, low manufacturing cost and sturdiness. Some of the Brace Institute's accomplishments are:

- various types of solar cookers, ovens, dryers, water heaters, ponds and pumps;
- low-cost instruments for wind and solar radiation measurement;
- several greenhouse systems, including the "Brace" greenhouse for northern climates (made up of an insulated northern face and covered with a reflective surface on the interior, this greenhouse is equipped with a simple storage system composed of a rock bed);
- various wind turbine systems, including miniature prototypes;
- various biogas digesters for producing methane from agricultural wastes;
- a machine for producing briquettes from wood residues;
- use of equipment belonging to maple-syrup producers for distilling alcohol fuel.

Brace greenhouse

Savonius windmill

Water-pumping windmill

Alone or in collaboration with other research organizations, the Brace Institute has also carried out many energy analysis and planning projects on nearly every continent. It is also continuing its applied research in all of the above-mentioned energy sectors to develop new or improved products.

Finally, the Brace Institute has an impressive list of publications and manufacturing plans to its credit. This documentation, translated into several languages, is available upon request for a nominal fee. The information it contains makes it possible to build low-cost greenhouses, wind turbines, water heaters, distillers and agricultural dryers.

*The **Laboratoire des technologies électrochimiques et des électrotechnologies (LTÉÉ)** is a new industry-oriented agency created by Hydro-Québec. Situated in Shawinigan, the laboratory places its specialists and testing facilities at the disposal of Canadian companies. It provides them with the opportunity to test concepts, develop, and demonstrate processes and techniques that use electricity.*

The agency is devoted entirely to the industrial sector. It is geared to the development and demonstration of new high-performance applications of electrical technologies to industrial processes in the sectors of pulp and paper, mines, chemistry, metallurgy, textiles, and agro-food.

The LTÉÉ's main fields of endeavor are electrotechnologies, and industrial plasmas as well as industrial chemistry and electrochemistry.

In the electrotechnology sector, the laboratory is concerned with, among other things, the drying and heating of raw materials or finished products by resistance, induction, infrared radiation, high frequencies and microwaves as well as with the development of heat pumps. In the area of industrial plasmas, it is concerned especially with the development of chemical and metallurgical processes and the processing of products in extremely high-temperature furnaces or reactors. Finally, activities in industrial chemistry and electrochemistry are directed toward developing and demonstrating processes for separating or manufacturing chemical or metallic products by electrochemical methods or by using membranes as well as toward the development of high-density batteries for electric vehicles.

The Laboratoire des technologies électrochimiques et des électrotechnologies (LTÉÉ)

Production of hydrogen by electrolysis at Hydro-Québec's experimental plant at Varennes

Plasma furnace

Significant results have been obtained. Work by LTÉÉ specialists in the area of infrared radiation has led, for instance, to the development of a 1.2 MW dryer for drying egg cartons at Cascades Inc.'s Kingsey-Falls plant.

Other projects in this field of activity should also be mentioned: development of an innovative design for induction heating elements to heat fluids, development of coils and a supply source for induction heating of press cylinders and calenders in paper machines, construction of a pilot revolving oven to dry and heat aggregates intended for manufacturing bituminous concretes, tests conducted on the treatment of dusts (arc-oven dusts, etc.) using plasma technologies as well as a design for residential and commercial heat pumps with non-electrical auxiliary power.

In the area of hydrogen, the storage cells tested at the LTÉÉ's pilot water-electrolysis plant have been installed at HydrogenAl's Bécancour plant; this company was recently created by Canadian Liquid Air Ltd. and Hydro-Québec. The laboratory has an area of more than 4,000 m^2. Besides a 620-m^2 testing hall and a 300-m^2 outdoor testing ground, it includes the following facilities: a 50-m^2 anhydride chamber, a heat-pump test bed, platforms for drying by electrical resistance, infrared radiation, high frequencies and convection, a water-electrolysis pilot plant, a test bed for fuel cells, a test bed for electrochemical processes as well as plasma furnaces and torches, including one mobile unit consisting of three trailer-trucks equipped with plasma torches, whose power varies from 50 to 1,000 kW, and which can be used to demonstrate at the client's plant the processes developed in the laboratory.

Hydro-Québec's new industrial laboratory has established a flexible working structure that allows it to respond to the needs of each client. The LTÉÉ can either formulate and manage an overall project or perform tests under contract or under shared-risk agreements, or else lease its laboratories and testing facilities to the client.

Testing facilities for industrial technologies using plasma torches

Laboratory demonstration of an infrared drying process

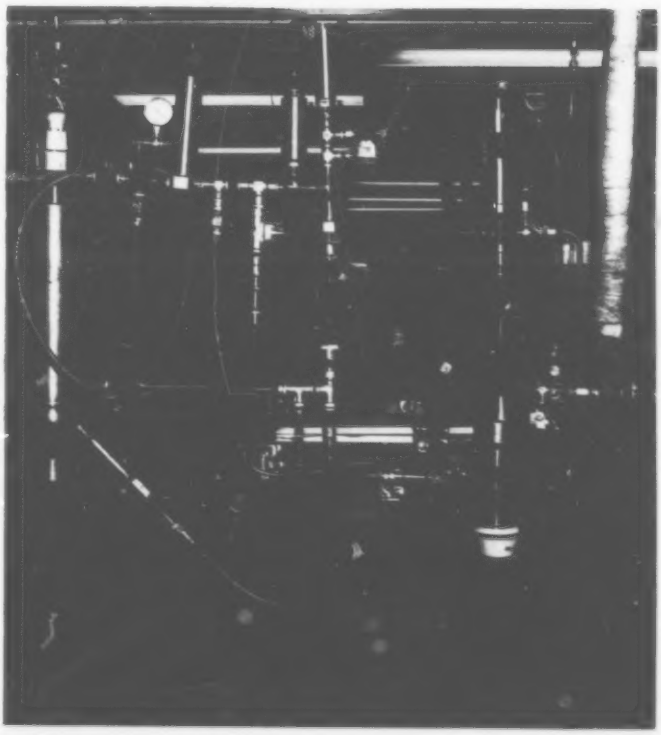
*At the **Université de Sherbrooke**, research teams are very active in the fields of biomass, plasmas and solar energy.*

Biomass

A team of twenty people (researchers, professionals and technicians) is working to scale up processes for chemical, biochemical and energy recovery of the macromolecules constituting lignocellulosic materials, peat, starch and chitin. In October 1986, the team became the associate laboratory of lignocellulosic materials of the Centre québécois de valorisation de la biomasse (CQVB).

● The fractionation of lignocellulosic and humic materials by thermomechanico-chemical means constitutes the research group's main project. This fractionation is aimed at destructuring, disaggregating and depolymerizing the constituent macromolecules. After they are released, the macromolecules are treated by thermocatalytic means or by enzymic catalysis to modify and transform them into useful products for industrial chemistry and biochemistry. Three fractionation techniques are being studied: steam cracking and aqueous-stage hydrolysis which are, respectively, steam and aquavapor thermomechanical treatments and solvolysis, which is a variant of thermomechanical treatments in the organic phase. Process development units (PDUs) capable of attaining up to 10 kg/h have been designed and made operational by the research team. In addition, a commercial steam cracking unit, with a capacity of 4 t/h and using the STAKE feeder, has been turned over to the research group for optimization. The Université de Sherbrooke, STAKE Technologies Ltd. and the CQVB have developed, in combination with the feeder, an experimental demonstration platform for thermomechanico-chemical treatments.

Analytic chemistry lab

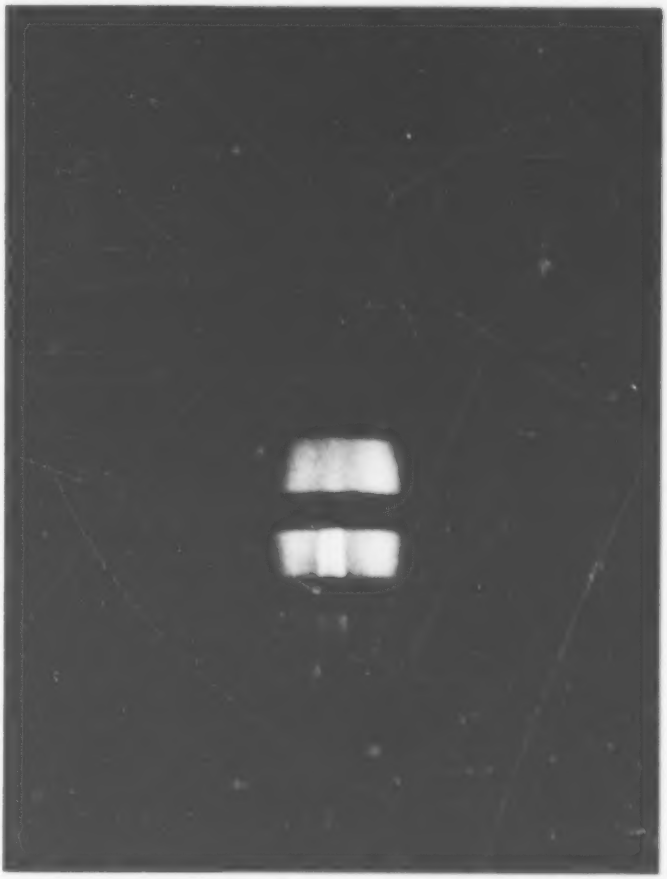


Wood fractionation and hydrolysis

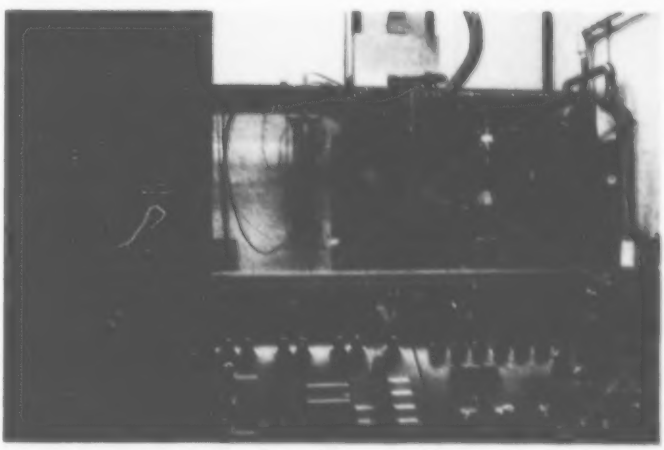
• The research team is also working on thermochemical catalytic conversion of the various primary products resulting from the fractionation stage. Reactors with a high rate of shear stress are the basis for this technological approach. The most advanced projects are the cyclization of pentoses derived from hemicelluloses, the hydrogenation of pentoses and hexoses, and the selective depolymerization of carbohydrates and lignin. The goal of these various projects is to obtain specific products. The research team's contribution consists in developing new, compact and rapid technologies to improve the yield and purity of the various products.

• The enzymatic conversion of lignins, celluloses, hemicelluloses and chitin is being studied in cooperation with the biochemistry department under the Programme d'actions structurantes. The major objectives are the separation and recycling of enzymes and the identification of enzymatic systems capable of depolymerizing macromolecules.

• The team is also studying the conversion of lignocellulosic wastes into synthetic fuels. Two technologies are being explored: solvolysis/liquefaction and vacuum pyrolysis. A number of projects are currently being conducted to study the underlying bases of these two technologies.



Induction plasma used for the fusion of materials and the synthesis of ultrafine metal powders and new ceramics



General view of the 250-kW pilot installation of the Plasmacan transferred-arc furnace used for the fusion of metal and mineral powders

Plasmas

The Laboratoire de recherche en technologie des plasmas thermiques employs twenty researchers and professionals involved in various aspects of processes research and development. The objective pursued is direct conversion of electrical energy into high-temperature thermal energy (5,000° K - 10,000° K) and the use of the energy so produced to develop new advanced processes and prepare high-performance materials including metals, alloys and new ceramics. Among the processes studied are the following:

• Fusion and powder deposition through plasma projection for the purpose of preparing protective coatings or near-net shapes. This includes stabilized zircon thermal barriers, wear or corrosion-resistant coatings as well as metal and superalloy deposits.

- Fusion of metal and mineral powder and dust on a pilot-scale capacity of 250 kW using a transferred-arc plasma furnace for the purpose of converting industrial powders and wastes into high value-added products.
- Preparation of ultrafine metal powders (Fe), alloys (Al/Cu) and high-performance ceramics (SiC and Si_3N_4) using a plasma reactor. These powders are characterized by their large specific surface and their ability to be compacted through pressure and sintering to densities close to their theoretical density.
- Conversion of natural gas into liquid hydrocarbon through processing in a plasma reactor.
- Development of a spouted-bed plasma reactor that can be used for high-temperature processing of minerals and heavy hydrocarbons for the purpose of oxidation and thermal conversion of those products.

High-capacity reactor

Solar energy

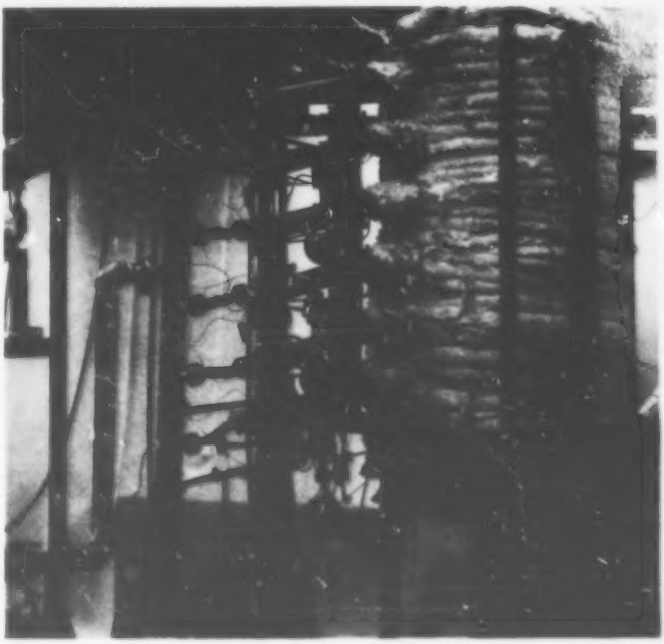
A University research team has already developed a natural convection parabolic collector. These researchers are currently working on numerical simulation programs for heating and air-conditioning calculations, on radiation tables for various sites in Québec and, in collaboration with the Centre de recherche du bâtiment and the Centre national de la recherche scientifique (France), on various solar conversion and storage systems. These researchers are developing their expertise in the areas of high-performance heat pumps and wind turbines.

Research and development on new technologies and energies are branching out in many directions at ***Université Laval****. In four departments and schools, researchers are exploring new ways of developing the various forms of energy available to us.*

The main lines of research focus on recovering energy from different types of wastes through vacuum pyrolysis, perfecting low-energy residential heating systems and developing software to maximize energy efficiency in the home.

Vacuum pyrolysis

At Université Laval's department of chemical engineering, the team led by Christian Roy has developed a process of vacuum pyrolysis to recover products with high commercial value from wastes of all kinds. The process has already been applied successfully to various types of wastes. Researchers have shown that this process makes it possible to recover nearly all the hydrocarbons contained in sludge from oil refining and that it renders the waste products harmless to the environment. This technology can also be used to recover useful products from old tires: 100 kg of these wastes yield 60 kg of oil, 37 kg of carbon black and 3 kg of gas. Using this same process, researchers succeeded in producing charcoal, oils and chemical products with a high commercial value from simple wood chips.



Useful products, extracted from oil and forest wastes through vacuum pyrolysis

Solar energy and wind power

Created in 1980, the Laboratoire d'études et de développement en énergies nouvelles (EDEN) is working to broaden the applications for solar energy, wind power and heat pumps as well as to make the use of these energies economically feasible in Québec. The laboratory's work is directed primarily toward the optimization of low-energy residential heating systems and passive solar heating.

In particular, the active solar-heat pump system developed at the EDEN laboratory is quite

The EDEN laboratory located on the roof of Pavillon A.-Paulet

promising from both an economic and an energy standpoint. It operates without auxiliary electricity, even during the coldest winter months.

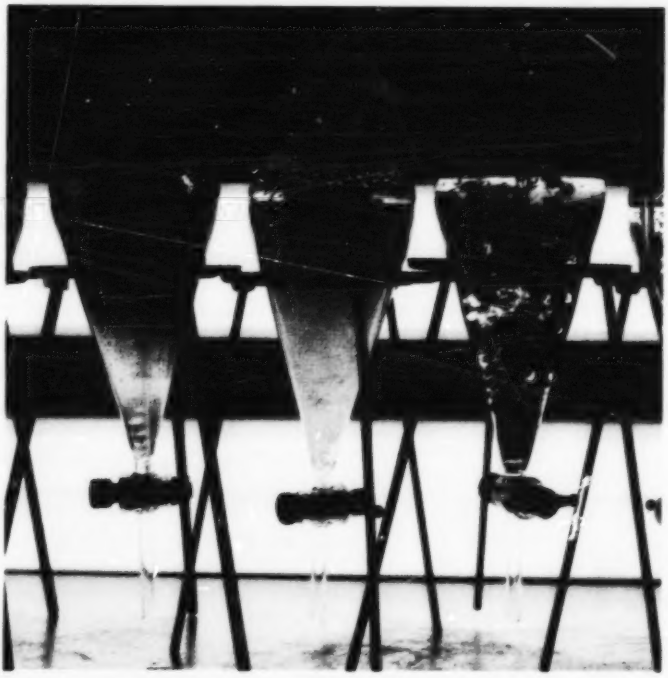
Researchers at the EDEN laboratory have developed a wide variety of solar equipment adaptable for use in existing homes, and have installed numerous prototypes equipped with control instruments (retractable solariums, bow-window solar collectors, highly thermal-resistant glass or plastic blocks, etc.).

The integrated energy software that the researchers have developed for homes equipped for solar energy calculates residential solar gains and heat losses. This computer program helps users choose among numerous possibilities, create different scenarios and devise various strategies.

Interactive graphic processing makes the software easy to use, even for non-specialists. It combines energy efficiency techniques with passive solar heating in either old or new homes in order to improve the building's energy efficiency. This program can be used with any IBM-compatible personal computer.

Since 1980, the research group on wind power of the departments of mechanical engineering and electrical engineering has been pursuing interdisciplinary research on the design of variable-speed wind turbine generators (0 to 50 kW) optimized for specific uses (automatic operation or within a network). One of the essential characteristics of the project lies in the interaction between aerodynamic and electrical research: adaptation of the generator to the wind turbine and vice-versa, development of optimal commands and specialized instrumentation, and design of special machines.

The LILAS computer program calculates energy gains and losses in the home

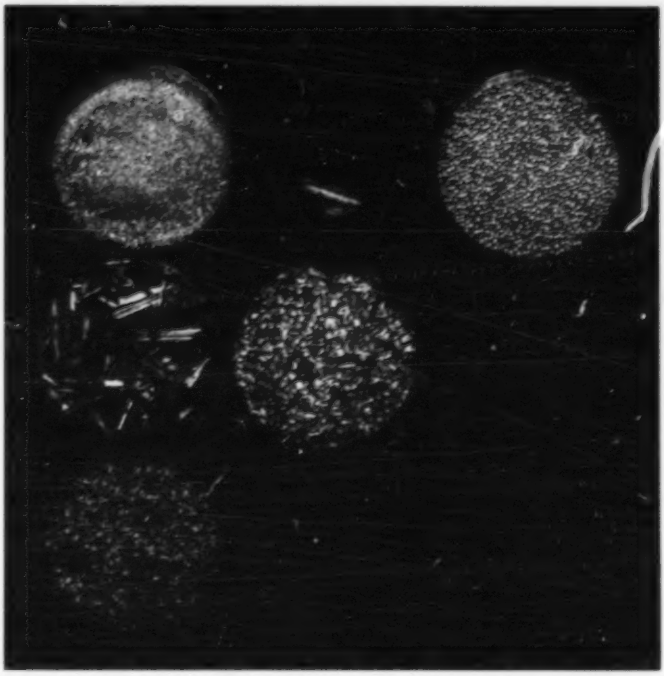


Different fermentation substrates used at Lafersol

Catalysis

A group of researchers operating in a well-equipped laboratory – in particular a modern facility for surface analysis (Auger, ESCA, SIMS, ISS, FTIR) – is working on the design, characterization and testing of industrial catalyzers. The group's research involves catalyzers for various oil refining processes, such as hydrodesulfurization. The group is also concerned with developing catalyzers and catalytic processes that can be used to recover energy from biomass.

To facilitate contacts with companies and institutions interested in undertaking joint projects with its researchers, Université Laval has set up the Bureau de valorisation des applications de la recherche. This office can provide further information on the projects described here or other research projects conducted at Université Laval.



Production of plant biomass and high value-added substances from waste water

Mushroom production in air-conditioned chambers

Energie
et Ressources